

**SVEUČILIŠTE U SPLITU**  
**FAKULTET GRAĐEVINARSTVA ARHITEKTURE I GEODEZIJE**

# **DIPLOMSKI RAD**

**Vedran Rimać**

**Split, 2019.**

**SVEUČILIŠTE U SPLITU**  
**FAKULTET GRAĐEVINARSTVA ARHITEKTURE I GEODEZIJE**

**Vedran Rimać**

**Proračun nosive konstrukcije i fizike zgrade  
stambenog zidanog objekta**

**Diplomski rad**

**Split, 2019.**

**SVEUČILIŠTE U SPLITU**  
**FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE**

STUDIJ: **DIPLOMSKI SVEUČILIŠNI STUDIJ GRAĐEVINARSTVA**

KANDIDAT: **Vedran Rimac**

BROJ INDEKSA: **662**

KATEDRA: **Katedra za teoriju konstrukcija**

PREDMET: **Dinamika konstrukcija i potresno inženjerstvo**

**ZADATAK ZA DIPLOMSKI RAD**

Tema:

Proračun nosive konstrukcije i fizike zgrade stambenog zidanog objekta

Opis zadatka:

Zadatak ovog rada je provesti seizmički proračun zgrade od omeđenog ziđa i dimenzionirati nosive elemente prema dobivenim opterećenjima.

Nakon seizmičkog proračuna se provodi proračun fizike zgrade kako bi se ocijenila fizikalna svojstva odabranih elemenata i njihovo zadovoljenje koeficijenta prolaska topline, difuziju i dinamičke toplinske karakteristike.

U Splitu, 19. srpnja 2019.

Voditelj Diplomskog rada:

Doc. dr. sc. Ivan Balić

Komentor Diplomskog rada:

Doc. dr. sc. Nikolina Živaljić

Predsjednik Povjerenstva

za završne i diplomske ispite:

Doc. dr. sc. Ivo Andrić

# **Proračun nosive konstrukcije i fizike zgrade stambenog zidanog objekta**

## *Sažetak:*

U radu je prikazan proračuna zidane grade omeđenim zidom. Procjena potresne otpornosti konstrukcije odrađena je pojednostavljenim postupkom. Proračun i dimenzioniranje konstruktivnih elemenata je provedeno u računalnom programu SCIA Engineer 18.1. Proračunate su rezne sile za ploče, temelje, zidove i sukladno tome elementi su armirani.

Proračun fizike zgrade je rađen pomoću računalnog programa KI EXPERT PLUS. Proračunom se provjerava zadovoljenje sljedećih uvjeta; koeficijenti prolaska topline, difuzija, dinamičke toplinske karakteristike, korisna i primarna energija.

## *Ključne riječi:*

*Zidana zgrada, omeđeno zide, mort, opečni blokovi, potresna otpornost, fizika zgrade*

# **Structural analysis and energy efficiency of a masonry residential building**

## *Abstract:*

The paper presents the budget of the masonry building with a bordered walls. The assessment of the earthquake resistance of the structure is done by a simplified procedure. Calculation and dimensioning of constructive elements was carried out in the SCIA Engineer 18.1 computer program. Calculations resulted in cutting force for the plate, foundations and walls accordingly to the results elements are reinforcement.

The budget of the building's physics was done using the KI EXPERT PLUS computer program. The budget checks the satisfaction of the following conditions; heat transfer coefficients, diffusion, dynamic thermal characteristics, useful and primary energy.

## *Keywords:*

*Masonry building, bordered masonry, mortar, brick, seismic resistance, building physics*



## **Sadržaj:**

<b>1. UVOD</b>	<b>1</b>
1.1. Koncept diplomskog rada	1
1.2. Općenito o zidanim konstrukcijama	1
1.3. Zidni elementi	1
1.3.1. Svojstva zidnih elemenata	3
1.3.2. Svojstva morta	4
1.4. Vrste zida	6
1.5. Mehanička svojstva zida	7
1.5.1. Tlačna čvrstoća zida - $f_k$	7
1.5.2. Posmična čvrstoća zida - $f_{vk}$	9
1.5.3. Savojna čvrstoća zida - $f_{xk}$	13
1.5.4. Vlačna čvrstoća zida	15
1.5.5. Deformacijska svojstva zida	15
1.5.6. Odnos naprezanja i relativne deformacije	17
<b>2. TEHNIČKI OPIS</b>	<b>18</b>
2.1. Općenito	18
2.2. Proračunski model	19
2.3. Konstruktivne pojedinosti	20
2.3.1. Temelji	20
2.3.2. Zidovi	20
2.3.3. Međukatna konstrukcija	20
2.3.4. Ostale konstrukcije	20
2.4. Materijali	21
2.4.1. Beton	21
2.4.2. Čelik	22
2.4.3. Zidni elementi	22
<b>3. ANALIZA OPTEREĆENJA</b>	<b>24</b>
3.1. Djelovanje na konstrukciju	24
3.2. Stalno djelovanje na konstrukciju	25
3.3. Promjenjivo djelovanje na konstrukciju	26
3.4. Potresno djelovanje na konstrukciju	28
3.5. Torzijsko djelovanje na konstrukciju	32
3.6. Ulazni parametri za model u SCIA Engineer 18.1	35
<b>4. PRORAČUN KONSTRUKTIVNIH ELEMENATA</b>	<b>36</b>
4.1. Proračun međukatne konstrukcije	36
4.1.1. Prikaz rezultata	36
4.1.2. Prikaz potrebne armature	37
4.2. Proračun širine pukotina	40

4.2.1.	Proračun širine pukotina za ploče .....	41
4.2.2.	Proračun progiba ploče.....	42
4.3.	Proračun potrebne armature za armirano-betonske serklaže .....	43
4.3.1.	Prikaz rezultata .....	43
4.3.2.	Proračun mehaničke otpornosti zida na vertikalna djelovanja (EN 1996-3).....	49
4.3.3.	Proračun zidova na potresno djelovanje.....	51
4.4.	Proračun temelja .....	56
4.4.1.	Prikaz rezultata .....	56
4.4.2.	Dimenzioniranje temelja .....	57
<b>5.</b>	<b>PRORAČUN I OCJENA FIZIKALNIH SVOJSTAVA ZGRADE.....</b>	<b>58</b>
5.1.	Podatci o lokaciji objekta .....	60
5.2.	Zona 1 – višestambena zgrada .....	65
5.2.1.	Geometrijske karakteristike zgrade .....	65
5.2.2.	Građevni dijelovi zgrade, slojevi i obrada.....	65
5.2.3.	Otvori (prozori i neprozirni elementi) zgrade .....	68
5.2.4.	Zaštita od prekomjernog Sunčevog zračenja (ljetni period) .....	68
5.2.5.	Sustav grijanja i energent za grijanje .....	68
5.3.	Proračun građevnih dijelova zgrade.....	69
5.4.	Vanjski otvori (HRN EN ISO 10077-1:2000) .....	74
5.5.	Proračun toplinskih mostova (HRN EN ISO 14683).....	74
5.6.	Koeficijenti transmisivnih gubitaka .....	75
5.6.1.	Gubici topline kroz vanjski omotač zgrade.....	75
5.6.2.	Gubici topline kroz vanjske otvore .....	75
5.6.3.	Tablični pregled definiranih gubitaka kroz tlo .....	76
5.6.4.	Podovi na tlu.....	76
5.6.5.	Gubici topline kroz negrijane prostore.....	76
5.7.	Proračun potrebne energije za grijanje i hlađenje (prema HRN EN 13790:2008) .....	77
5.5.1.	Gubici topline kroz vanjske otvore .....	77
5.5.2.	Toplinski dobitci.....	78
5.5.3.	Proračun potrebne topline za grijanje i hlađenje .....	79
5.5.4.	Rezultati proračuna.....	79
<b>6.</b>	<b>ZAKLJUČAK.....</b>	<b>82</b>
<b>7.</b>	<b>PRILOZI.....</b>	<b>83</b>
<b>8.</b>	<b>LITERATURA .....</b>	<b>84</b>

# **1. UVOD**

## **1.1. Koncept diplomskog rada**

Predmet razmatranja ovog rada je ponašanje zgrade od omeđenog zida na djelovanje potresa te dimenzioniranje nosivih elemenata na potres. Uz to je sagledana i fizika zgrade s obzirom na odabrane materijale za izradu same zgrade. Zgrada se nalazi na području grada Splita. Na osnovu toga se određuje klimatska zona prema kojoj se uzimaju početni parametri za proračun i iz potresne karte se očitava ubrzanje tla na predmetnoj lokaciji.

## **1.2. Općenito o zidanim konstrukcijama**

Zide je sklop zidanih elemenata (blokova) položenih na unaprijed određen način i povezanih nekim vezivnim sredstvom (mortom, ljepilom ...).

Zidni element, blok je unaprijed oblikovan i predgotovljen građevinski proizvod, predviđen u gradnji zida. Kod projektiranja zidanih konstrukcija ključan je Eurocode 6 koji sadrži preporuke, zahtjeve, matematičke izraze i norme pomoću kojih ulazimo u planiranje, proračun i dimenzioniranje građevina.

Prednost zidanih konstrukcija sa strukturalnog aspekta je jednostavnija i brža proizvodnja, dobra zaštita od požara, temperature i zvuka.

Zidane konstrukcije nemaju veliku otpornost na horizontalna djelovanja, to najviše dolazi do izražaja kod potresa. Nedostatak su neučinkoviti spojevi između konstruktivnih elemenata. Za proračun na potresna djelovanja mjerodavan je Eurocode 8.

## **1.3. Zidni elementi**

Zidni elementi su predgotovljeni blokovi izrađeni od različitih materijala, imaju različite čvrstoće te mogu imati šupljine ili biti puni. Dije se na više različitih skupina, a najčešća podjela je prema vrsti materijala;

- Glineni zidni elementi – proizvedeni oblikovanjem, sušenjem i pečenjem plastične smjese glinenog materijala, pijeska i vode
- Betonski zidni blokovi – proizvedeni od agregata normalne težine ili lakog agregata i cementa
- Kalcij-silikatni (vapneno-silikatni) zidni elementi – proizvedeni od smjese silicijskog agregata, vapna i drugih provjerenih materijala, izrađenih pod tlakom i zaparivanjem

- Porobetonski zidni elementi – proizvedeni od mješavine finog silicijskog agregata, cementa, vapna i sredstava koje proizvodi zračne mjehuriće. Ta se smjesa njeguje procesom autoklaviranja.
- Kameni zidni elementi – rađeni od blokova kamena rezanog ili klesano na određenu dimenziju te od lomljenog kamena nepravilnog oblika

Prema kontroli proizvodnje zidani elementi se dijele na kategorije (razrede) I. i II.

Zidani elementi I. kategorije su oni za koje je proizvođač osigurao stalnu kontrolu kakvoće prema odgovarajućoj normi i koji u pošiljci imaju deklariranu tlačnu čvrstoću s 5 % fraktila, elementi II. kategorije su oni koji imaju srednju vrijednost tlačne čvrstoće jednaku deklariranoj.

Prema postotku šupljina u volumenu zidnih elemenata, dijelimo ih na: grupu 1, grupu 2a, grupu 2b te grupu 3. Debljina vanjskih stijenki zidnih elemenata ne bi smjela biti manja od 1.5 cm.

	Materijali i ograničenja za zidne elemente							
	Skupina 1 (svi materijali)		Skupina 2		Skupina 3		Skupina 4	
		Zidni elementi	Vertikalne šupljine				Horizontalne šupljine	
Obujam svih šupljina (% od bruto obujma)	≤ 25	opečni	> 25; ≤ 55		≥ 25; ≤ 70		≥ 25; ≤ 70	
		vapneno silikatni	> 25; ≤ 55		ne upotrebljava se		ne upotrebljava se	
		betonski <sup>b</sup>	> 25; ≤ 60		≥ 25; ≤ 70		≥ 25; ≤ 50	
Obujam bilo koje šupljine (% od bruto obujma)	≤ 12,5	opečni	svaka od višestrukih šupljina ≤ 2 udubine za prihvata do ukupno 12,5		svaka od višestrukih šupljina ≤ 2 udubine za prihvata do ukupno 12,5		svaka od više šupljina ≤ 30	
		vapneno silikatni	svaka od višestrukih šupljina ≤ 15 udubine za prihvata do ukupno 30		ne upotrebljava se		ne upotrebljava se	
		betonski <sup>b</sup>	svaka od višestrukih šupljina ≤ 30 udubine za prihvata do ukupno 30		svaka od višestrukih šupljina ≤ 30 udubine za prihvata do ukupno 30		svaka od višestrukih šupljina ≤ 25	
Objavljene vrijednosti debljina unutarnjih i vanjskih stijenki	Nema zahtjeva		unutarnja stijenka	vanjska stijenka	unutarnja stijenka	vanjska stijenka	unutarnja stijenka	vanjska stijenka
		opečni	≥ 5	≥ 8	≥ 3	≥ 6	≥ 5	≥ 6
		vapneno silikatni	≥ 5	≥ 10	ne upotrebljava se		ne upotrebljava se	
		betonski <sup>b</sup>	≥ 15	≥ 18	≥ 15	≥ 15	≥ 20	≥ 20
Objavljena vrijednost kombinirane debljine unutarnjih i vanjskih stijenki (% ukupne širine)	Nema zahtjeva	opečni	≥ 16		≥ 12		≥ 12	
		vapneno silikatni	≥ 20		ne upotrebljava se		ne upotrebljava se	
		betonski <sup>b</sup>	≥ 18		≥ 15		≥ 45	

<sup>a</sup> Kombinirana debljina je debljina unutarnje stijenke i vanjske stijenke mjerena horizontalno u odgovarajućem smjeru. Ovu provjeru treba shvatiti kao kvalifikacijsko ispitivanje koje treba ponoviti u slučaju glavnih promjena dimenzija zidnih elemenata.

<sup>b</sup> U slučaju stožastih šupljina ili čeljustih šupljina, treba računati sa srednjom vrijednosti debljine vanjskih i unutarnjih stijenki

Tablica 1.1.

Zahtjevi koje grupe zidnih elemenata moraju zadovoljiti

### 1.3.1. Svojstva zidnih elemenata

Osnovna svojstva zidanih elemenata su njihova tlačna čvrstoća i trajnost.

Do sada je bilo uobičajeno da se zidani element naziva po svojoj tlačnoj čvrstoći. Uz čvrstoću treba uzeti u obzir i oblik elementa, jer nije svejedno kakve je veličine element niti kako je ugrađen u zidu. Manja visina uzrokuje veći broj horizontalnih sljubnica morta. Zato prelazimo na tzv. normaliziranu tlačnu čvrstoću zidanog elementa  $f_b$ .

Normalizirana tlačna čvrstoća je tlačna čvrstoća zidnog elementa prevedena na tlačnu čvrstoću na zraku sušenog zidnog elementa širine 100 mm i visine 100 mm dok duljina nije definirana normom.

Da bi se srednja tlačna čvrstoća dobivena eksperimentalno, ispitivanjem uzoraka koji su bili 24 sata uronjeni u vodu, pretvorila u normaliziranu čvrstoću za suhe zidne elemente, treba za zidne elemente od pečene gline rezultate srednje tlačne čvrstoće pomnožiti sa 1.1., a za sve ostale elemente sa 1.2. Zatim se dobivene vrijednosti množe s faktorom oblika  $\delta$ . Vrijednosti faktora oblika  $\delta$  su prikazane u Tablici 1.2.

Visina zidnog elementa (mm)	Najmanja horizontalna dimenzija zidnog elementa (mm)				
	50	100	150	200	$\geq 250$
50	0,85	0,75	0,70	-	-
65	0,95	0,85	0,75	0,70	0,65
100	1,15	1,00	0,90	0,80	0,75
150	1,30	1,20	1,10	1,00	0,95
200	1,45	1,35	1,25	1,15	1,10
$\geq 250$	1,55	1,45	1,35	1,25	1,15

Tablica 1.2.

Vrijednosti faktora oblika  $\delta$ 

Zidni elementi trebaju imati srednju tlačnu čvrstoću na tlak okomito na nalježuću ploštinu (vertikalno) barem za  $2.5 \text{ N/mm}^2$ . U horizontalnom smjeru tlačna čvrstoća mora biti barem  $2.5 \text{ N/mm}^2$ . U seizmički aktivnim područjima, tlačna čvrstoća zidnih elemenata bi trebala iznositi najmanje:

- okomito na horizontalnu sljubnicu morta  $f_{b,min} = 4.0 \text{ N/mm}^2$
- paralelno horizontalnoj sljubnici morta u ravni zida  $f_{b,min} = 2.0 \text{ N/mm}^2$

Za odabranu blok opeku u proračunu, vrijednost tlačne čvrstoće okomito na horizontalnu sljubnicu iznosi  $10.0 \text{ N/mm}^2$ , a okomito na vertikalnu sljubnicu iznosi  $2.0 \text{ N/mm}^2$ .

### 1.3.2. Svojstva morta

Mort je vezivni materijal koji se sastoji od mješavine anorganskog veziva, agregata i vode, a može sadržavati i aditive. Rabi se za povezivanje zidnih elemenata te za ostvarenje čvrstoće zida.

Glavni sastojci morta:

- vezivo (hidratizirano vapno, hidrauličko vapno, cement)
- agregat (pijesak ili neki drugi materijal određen prema normi)
- voda (ne smije sadržavati štetne tvari)

Kod zidanih konstrukcije rabe se sljedeći mortovi:

- cementni mort: mort s određenim omjerom cementa i pijeska te dodataka po potrebi
- cementno – vapneni mort: mješavina određene količine cementa, vapna i pijeska (produžni mort)
- vapneni mort: mješavina određene količine hidratiziranog vapna i pijeska
- tankoslojni mort: to je unaprijed pripremljeni cementni mort s maksimalnim zrnom pijeska od 0.1 mm i s kemijskim dodacima. Debljina morta u horizontalnim blokovima.
- unaprijed pripremljeni mort: doprema se na gradilište te u vrećama u suhom stanju, ili već pripremljen za uporabu s usporivačem vezanja
- lakoagregatni mort: mort spravljen s lakim agregatom, čija je gustoća obično manja od  $1000 \text{ kg/m}^3$ . Agregat može biti: perlit, ekspandirana glina...

Mort se klasificira prema svojoj proračunskoj tlačnoj čvrstoći, a označava se slovom M nakon kojeg slijedi broj koji predstavlja tlačnu čvrstoću u  $\text{N/mm}^2$ . U većini propisa u svijetu odnos komponenata morta se određuje volumenski, odnosno sastavi morta dani su u volumenskim omjerima. No ističe se da su omjeri po težini (masi) svakako točniji nego volumenski odnosi.

Vrste mortova	Minimalna tlačna čvrstoća nakon 28 dana (N/mm <sup>2</sup> )	Približni sastav		
		cement	hidratizirano vapno	pijesak
M20	20	treba odrediti ispitivanjem		
M15	15	1	0-1/4	3
M10	10	1	$\frac{1}{4} - \frac{1}{2}$	4-4 $\frac{1}{4}$
M5	5	1	$\frac{1}{2} - 1\frac{1}{4}$	5-6
M2,5	2.5	1	$1\frac{1}{4} - 2\frac{1}{2}$	8-9
M1	1	1	nije definirano	>9

Tablica 1.3. Volumenski sastav morta

Tlačna čvrstoća morta mora se ispitati u skladu s normom EN 1015-11. U slučaju kada je čvrstoća manja ili znatno veća od one u tablici mogu se mijenjati omjeri cementa, vapna i pijeska kako bi se postigla zahtijevana čvrstoća. Uporabu drugačijih omjera sastojaka treba dokazati ispitivanjem. Laboratorijska ispitivanja takvih mješavina moraju dati čvrstoću na tlak barem 20% veće vrijednosti nego one iz tablice.

Povećanje trajnosti bit će dosegnuto s čvršćim mortovima koji sadrže više cementa, ali će tada biti veća tendencija nastajanja pukotina u zidanim konstrukcijama. Povećanje sposobnosti da se prilagodi pomacima postići će se uporabom slabijih mortova koji sadrže manje cementa i više vapna.

Povećana otpornost na mraz dobiva se uporabom morta s dodatkom plastifikatora, dok se tim istim dodatkom smanjuje čvrstoća prijanjanja i otpornost na penetraciju kiše

U predmetnoj konstrukciji je predviđeno korištenje morta M10 ( $f_m = 10.0 \text{ MPa}$ )

## 1.4. Vrste zida

U praksi postoji više vrsta zida :

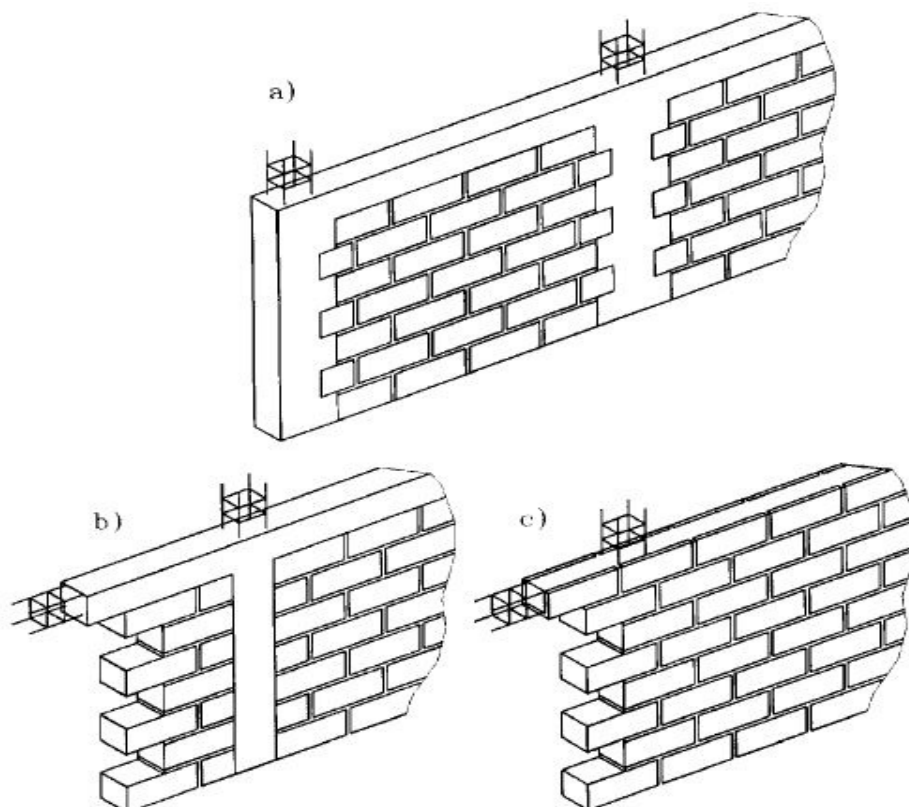
- Nearmirano zide
- Armirano zide
- Prednapeto zide
- Omeđeno zide

Omeđeno zide, koje je tema ovog rada, je vrsta konstruktivnog sustava koje je izvedeno s armiranobetonskim ili armiranim zidnim omeđenim elementima ( serklažima ) u vertikalnom i horizontalnom smjeru.

Uloga serklaža je značajna pri djelovanju potresnog opterećenja na zidane građevine. Serklaži povezuju i ukružuju zide

Od omeđenog zida razlikujemo:

- a) Izlomljena cik-cak veza između AB serklaža i zida
- b) Ravna veza vertikalnog AB serklaža i zida
- c) Zide omeđeno zidanim serklažima od posebnih prefabriciranih opeka koje se armiraju



Slika 1.1.

Omeđeno zide



Omeđeno ziđe se izvodi tako da se prvo zidaju zidovi sa zidnim elementima ostavljajući prostor za vertikalne serklaže ili se na krajevima i sudarima zidova postavljaju elementi koji imaju otvor kroz koje se izljevava beton, takvi su elementi ujedno i oplata za serklaž.

Horizontalni serklaži se također izvode nakon završetka zidanja, na završetku zida se postavlja oplata ili elementi koji su ujedno izgubljena oplata. U ovom slučaju se horizontalni serklaž ne ponaša kao greda jer je svojom dužinom kontinuirano pridržan od samog izvoženja.

## **1.5. Mehanička svojstva zida**

### **1.5.1. Tlačna čvrstoća zida - $f_k$**

Na tlačnu čvrstoću zida utječu: dimenzije i geometrijski odnosi zidnih elemenata, ispunjenost horizontalnih i vertikalnih sljubnica mortom, omjer volumena i raspodjela šupljina i vanjskih dimenzija zidnih elemenata, visina prizmi tj. zida, čvrstoća morta, čvrstoća zidnih elemenata, odabrani zidni vez, debljina sljubnica morta, čvrstoća betona kod zida s betonskom ispunom. Čvrstoća zida u tlaku je manja nego nominalna tlačna čvrstoća bloka, od kojeg je to ziđe izvedeno. Na drugoj strani, čvrstoća zida može značajno prekoračiti slomnu čvrstoću kocke morta. Pravilan vez veoma je važan za nosivost zida jer nepravilni vez smanjuje nosivost.

Karakterističnu tlačnu čvrstoću zida treba odrediti iz rezultata tlačna čvrstoća zida :

- rezultata ispitivanja u skladu s normom EN 1052-1 koja se mogu provesti za projekt ili biti dostupna iz prethodno provedenih ispitivanja tj. iz baze podataka; rezultate ispitivanja treba izraziti tablično ili jednadžbom

$$f_k = K \cdot f_b^\alpha \cdot f_m^\beta$$

$f_k$  – karakteristična tlačna čvrstoća zida u  $N/mm^2$

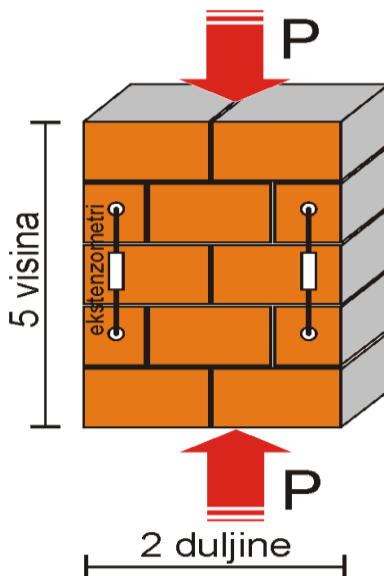
$K$  – konstanta

$\alpha, \beta$  – konstante

$f_b$  – normalizirana srednja tlačna čvrstoća zidnog elementa u smjeru primijenjenog učinka djelovanja u  $N/mm^2$

$f_m$  – tlačna čvrstoća morta u  $N/mm^2$

Ograničenje uporabe jednadžbe treba dati s varijablama  $f_b, f_m$  koeficijentom varijacije rezultata ispitivanja i skupina zidnih elemenata.



lika 1.2. Ispitivanje tlačne čvrstoće zida

Tlačna čvrstoća je jedno aksijalno opterećenje probnog uzorka (kocke ili valjka) po jedinici površine, kod kojeg nastaje razorna deformacija i njegov lom.

Odnos između karakteristične tlačne čvrstoće zida,  $f_k$ , normalizirane srednje tlačne čvrstoće zidnog elementa,  $f_b$ , i morta čvrstoće,  $f_m$ , smije se odrediti iz:

- jednadžbe za zide načinjeno s mortom opće namjene i laganim mortom

$$f_k = K \cdot f_b^{0,7} \cdot f_m^{0,3}$$

- jednadžbe za zide načinjeno s tankoslojnim mortom, u horizontalnim sljubnicama debljine 0,5 mm do 3 mm, i opečnim zidnim elementima skupina 1 i 4, vapnenosilikatnim, betonskim i porastim betonskim zidnim elementima

$$f_k = K \cdot f_b^{0,85}$$

- jednadžbe za zide načinjeno s tankoslojnim mortom, u horizontalnim sljubnicama debljine 0,5 mm do 3 mm, i opečnim zidnim elementima skupine 2 i 3

$$f_k = K \cdot f_b^{0,7}$$

Uzevši u obzir da su ispunjenje sljedećih zahtjeva:

- $f_b$  nije veći od  $75 \text{ N/mm}^2$  kad su zidni elementi položeni u mort opće namjene
- $f_b$  nije veći od  $50 \text{ N/mm}^2$  kad su zidni elementi položeni u tankoslojni mort
- $f_m$  nije veći od  $20 \text{ N/mm}^2$  ni veći od  $2 \times f_b$  kad su zidni elementi položeni u mort opće namjene
- $f_m$  nije veći od  $10 \text{ N/mm}^2$  kad su zidni elementi položeni u tankoslojni mort
- debljina ziđa jednaka je širini ili duljini zidnog elementa, tako da nema sljubnice morta usporedne s licem zida na cijeloj duljini zida ili nekom dijelu duljine zida
- koeficijent varijacije čvrstoće zidnih elemenata nije veći od 25 %.

Zidni elementi		Mort opće namjene	Tankoslojni mort (horiz. sljubnica $\geq 0,5 \text{ mm}$ i $\leq 3 \text{ mm}$ )	Lagani mort obujamske mase	
				$600 \leq \rho_d \leq 800 \text{ kg/m}^3$	$800 < \rho_d \leq 1300 \text{ kg/m}^3$
Opečni	Skupina 1	0,55	0,75	0,30	0,40
	Skupina 2	0,45	0,70	0,25	0,30
	Skupina 3	0,35	0,50	0,20	0,25
	Skupina 4	0,35	0,35	0,20	0,25
Vapnenosilikatni	Skupina 1	0,55	0,80	‡	‡
	Skupina 2	0,45	0,65	‡	‡
Betonski	Skupina 1	0,55	0,80	0,45	0,45
	Skupina 2	0,45	0,65	0,45	0,45
	Skupina 3	0,40	0,50	‡	‡
	Skupina 4	0,35	‡	‡	‡
Porasti beton	Skupina 1	0,55	0,80	0,45	0,45
Umjetni kamen	Skupina 1	0,45	0,75	‡	‡
Obradeni prirodni kamen	Skupina 1	0,45	‡	‡	‡
‡ Kombinacija morta i zidnih elemenata koja se obilno ne upotrebljava pa vrijednosti nisu dane.					

‡ Kombinacija morta i zidnih elemenata koja se obilno ne upotrebljava pa vrijednosti nisu dane.

Tablica 1.4.

Konstanta K za mortove

Za predmetnu konstrukciju karakteristična tlačna čvrstoća ziđa iznosi :

$$f_k = K \cdot f_b^{0.7} \cdot f_m^{0.3} = 0.55 \cdot 10.0^{0.7} \cdot 10.0^{0.3} = 5.50 \text{ MPa}$$

### 1.5.2. Posmična čvrstoća ziđa - $f_{vk}$

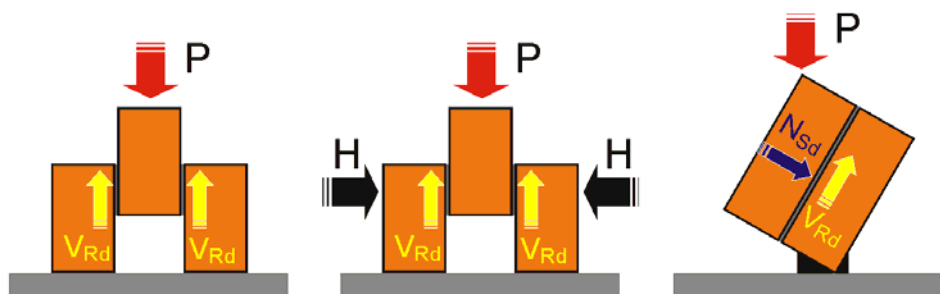
Zidane konstrukcije su često podvrgnute posmičnom djelovanju, istovremeno s tlačnim opterećenjem. Posmična čvrstoća ziđa u direktnoj je vezi s vertikalnom komponentom tlačnog naprezanja. Posmična čvrstoća ziđa ovisi o visini i debljini ziđa stoga za zidove više od dvostruke vlastite duljine utjecaj posmičnih deformacija može biti zanemaren, dok za porast debljine ziđa posmična čvrstoća raste.

Karakteristična posmična čvrstoća nearmiranog zida  $f_{vk}$  je ona ispod koje se ne očekuje da može pasti više od 5% rezultata ispitivanja te čvrstoće. Karakteristična posmična čvrstoća  $f_{vk}$  može se dobiti iz odgovarajućeg broja ispitivanja uzoraka ili ispitivanjem na zidu.

Karakterističnu početnu posmičnu čvrstoću zida,  $f_{vk0}$ , treba odrediti iz ispitivanja u skladu s normama EN 1052-3 ili EN 1052-4

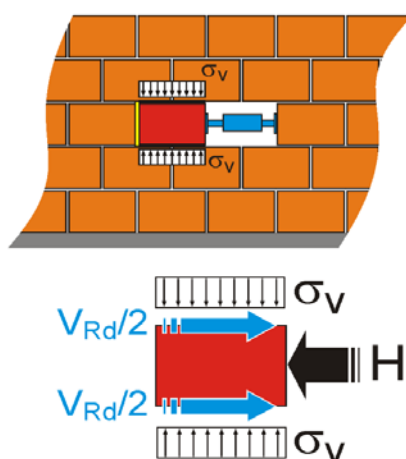
Vrste ispitivanja posmične čvrstoće pomoću uzoraka:

- bez tlačnih normalnih naprezanja
- dodavanjem tlačnih normalnih naprezanja
- pod konstantnim tlačnim normalnim naprezanjem



Slika 1.3.

Ispitivanje posmične čvrstoće zida na uzorcima



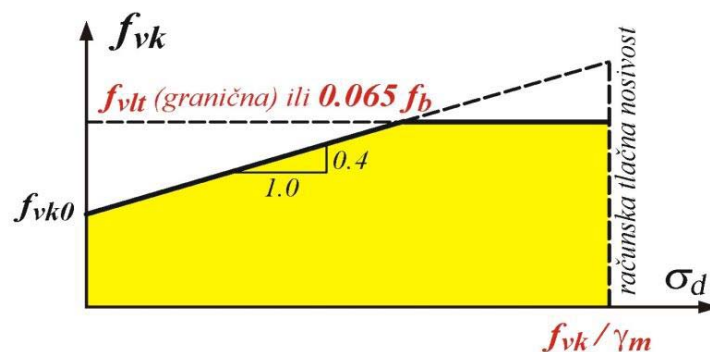
Slika 1.4.

Ispitivanje posmične čvrstoće zida na izvedenom zidu – in situ

Karakteristična posmična čvrstoća zida,  $f_{vk}$ , s mortom opće namjene ili s tankoslojnim mortom u horizontalnim sljubnicama debljine 0,5 mm do 3,0 mm ili laganim mortom, uz uvjet da sve sljubnice zadovoljavaju zahtjeve da se smatraju potpuno ispunjene mortom, smije se uzeti iz jednadžbe:

$$f_{vk} = f_{vk0} + 0.4 \cdot \sigma_d$$

ali ne veće od  $0,065 \cdot f_b$ , ili  $f_{vtl}$ ,



Slika 1.5. Ovisnost posmične čvrstoće i tlačnog naprezanja

gdje je:

$f_{vk0}$  - karakteristična početna posmična čvrstoća pri nultom tlačnom naprezanju

$f_{vtl}$  - granična vrijednost za  $f_{vt}$

$\sigma_d$  - proračunsko tlačno naprezanje okomito na posmik u elementu na promatranoj razini, uzimajući odgovarajuću kombinaciju opterećenja utemeljenu na prosječnom vertikalnom naprezanju na tlačnoj duljini zida koja osigurava posmičnu otpornost

$f_b$  - normalizirana tlačna čvrstoća zidnih elemenata opisana u točki 1.5.1. za smjer djelovanja opterećenja na ispitane uzorke, okomito na naliježuću površinu.

Karakteristična posmična čvrstoća zida s mortom opće namjene ili s tankoslojnim mortom u horizontalnim sljubnicama debljine 0,5 mm do 3,0 mm ili s laganim mortom koje ima vertikalne sljubnice neispunjene mortom, ali kad su susjedna lica zidnih elemenata priljubljena jedno uz drugo, smije se uzeti iz jednadžbe:

$$f_{vk} = 0.5 \cdot f_{vk0} + 0.4 \cdot \sigma_d$$

ali ne veće od  $0,045 \cdot f_b$ , ili  $f_{vtl}$ ,

U zidu s trakovima morta, kad su zidni elementi položeni na dva ili više jednakih trakova morta opće namjene, od kojih je svaki širine bar 30 mm,  $f_{vk}$  se smije uzeti iz jednadžbe:

$$f_{vk} = (g/t) \cdot f_{vk0} + 0.4 \cdot \sigma_d$$

gdje je:

g - ukupna širina trakova morta

t - debljina zida.

Početna posmična čvrstoća zida,  $f_{vk0}$ , smije se odrediti iz:

- vrednovanja baze podataka iz rezultata ispitivanja početne posmične čvrstoće zida, ili
- iz vrijednosti danih u tablici 1.5. uz uvjet da mort opće namjene izrađen u skladu s normom EN1996-2 ne sadrži dodatke ili dodatne sastojke

Zidni element	$f_{vk0}$ (N/mm <sup>2</sup> )			
	Mort opće namjene		Tankoslojni mort (debljine horizontalnih sljubnica $\geq 0,5$ mm i $\leq 3,0$ mm)	Lagani mort
Glina	M10 – M20	0,30	0,30	0,15
	M2,5 – M9	0,20		
	M1 – M2	0,10		
Kalcijsko-silikatni	M10 – M20	0,20	0,40	0,15
	M2,5 – M9	0,15		
	M1 – M2	0,10		
Betonski	M10 – M20	0,20	0,30	0,15
Porasti (autoklavirani aerirani)	M2,5 – M9	0,15		
Kameni	M1 – M2	0,10		

Tablica 1.5.

Vrijednosti početne posmične čvrstoće  $f_{vk0}$

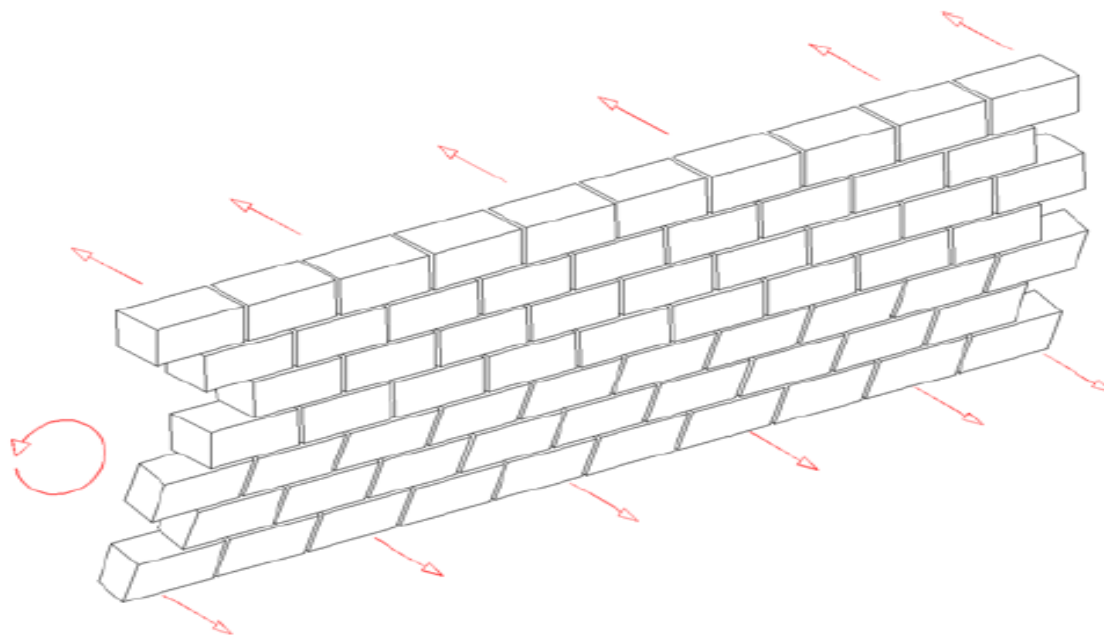
Za predmetnu konstrukciju karakteristična posmična čvrstoća zida:

$$f_{vk} = 0.5 \cdot f_{vk0} + 0.4 \cdot \sigma_d = 0.5 \cdot 0.3 + 0.4 \cdot 1.5 = 0.75$$

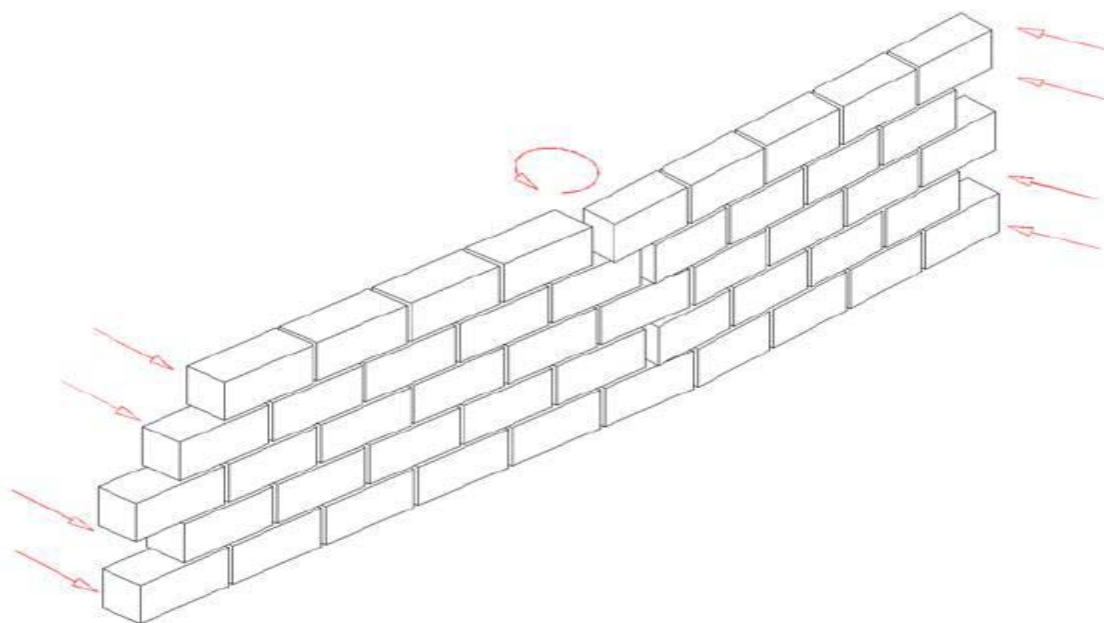
### 1.5.3. Savojna čvrstoća zida - $f_{xk}$

U odnosu na savijanje van ravnine, treba razmotriti sljedeće situacije: čvrstoću na savijanje kad je slom u ravnini usporednoj s horizontalnim sljubnicama morta,  $f_{xk1}$ ; čvrstoću na savijanje kad je slom u ravnini okomitoj na horizontalne sljubnice morta,  $f_{xk2}$ .

Karakteristična čvrstoća na savijanje nearmiranog zida  $f_{xk}$  je ona čvrstoća ispod koje ne pada više od 5% rezultata.



Slika 1.6. Ravnina sloma usporedna s horizontalnim sljubnicama morta  $f_{xk1}$



Slika 1.7. Ravnina sloma okomita na horizontalne sljubnice morta  $f_{xk2}$

Karakteristična čvrstoća ziđa na savijanje,  $f_{xk1}$ , smije se odrediti iz ispitivanja u skladu s normom EN 1052-2 ili se smije ustanoviti vrednovanjem podataka ispitivanja osnovanih na čvrstoćama na savijanje ziđa dobivenim iz prikladnih kombinacija zidnih elemenata i morta.

Ako podaci ispitivanja nisu dostupni, vrijednosti karakteristične čvrstoće na savijanje ziđa izvedenog s mortom opće namjene, tankoslojnim mortom ili laganim mortom, smiju se uzeti iz Tablica 1.6. i 1.7. , pod uvjetom da su tankoslojni i lagani mort M5 ili jači.

Zidni elementi	$f_{xk1}$ (N/mm <sup>2</sup> )			
	Mort opće	namjene	Tankoslojni mort	Lagani mort
	$f_m < 5$ N/mm <sup>2</sup>	$f_m \geq 5$ N/mm <sup>2</sup>		
Opečni	0,10	0,10	0,15	0,10
Vapnenosilikatni	0,05	0,10	0,20	ne upotrebljava se
Betonski	0,05	0,10	0,20	ne upotrebljava se
Porasti beton	0,05	0,10	0,15	0,10
Umjetni kamen	0,05	0,10	ne upotrebljava se	ne upotrebljava se
Obradeni prirodni kamen	0,05	0,10	0,15	ne upotrebljava se

Tablica 1.6.

Vrijednosti  $f_{xk1}$  za ravninu sloma usporednu s horizontalnim sljubnicama

Zidni elementi		$f_{xk2}$ (N/mm <sup>2</sup> )			
		Mort opće	namjene	Tankoslojni mort	Lagani mort
		$f_m < 5$ N/mm <sup>2</sup>	$f_m \geq 5$ N/mm <sup>2</sup>		
Opečni		0,20	0,40	0,15	0,10
Vapnenosilikatni		0,20	0,40	0,30	ne upotrebljava se
Betonski		0,20	0,40	0,30	ne upotrebljava se
Porasti beton	$\rho < 400\text{kg/m}^3$	0,20	0,20	0,20	0,15
	$\rho \geq 400\text{kg/m}^3$	0,20	0,40	0,30	0,15
Umjetni kamen		0,20	0,40	ne upotrebljava se	ne upotrebljava se
Obradeni prirodni kamen		0,20	0,40	0,15	ne upotrebljava se

Tablica 1.7.

Vrijednosti  $f_{xk2}$  za ravninu sloma okomitu na horizontalne sljubnice

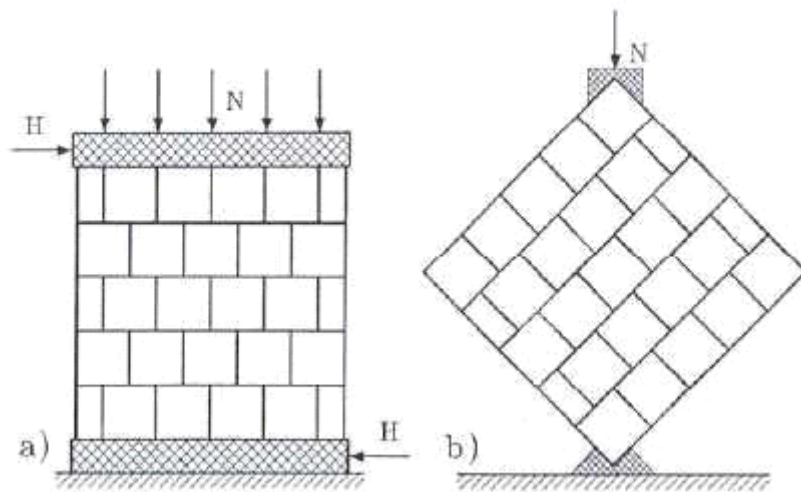


#### 1.5.4. Vlačna čvrstoća zida

Referentna vlačna čvrstoća zida je ona kod koje dolazi do vlačnog otkazivanja kad je zid opterećen istodobno vertikalnim i horizontalnim opterećenjem. Vertikalno je opterećenje stalno prisutno, a horizontalno je povremeno, uzrokovano vjetrom ili potresom.

Referentnu vlačnu čvrstoću može se odrediti ispitivanjem zida opterećenog nepromjenljivim vertikalnim opterećenjem, silom  $N$ , i postupno rastućom horizontalnom silom  $H$  do dijagonalnog sloma (Slika 1.8.) ili pomoću propisanih tablica.

Vlačna čvrstoća zida zidanog sa standardnim mortom (cement/vapno/pijesak) je relativno mala i promjenljiva.



Slika 1.8. Ispitivanje vlačne čvrstoće zida

#### 1.5.5. Deformacijska svojstva zida

##### Modul elastičnosti $E$

Kratkotrajni sekantni modul elastičnosti,  $E$ , mora se odrediti ispitivanjima u skladu s normom EN 1052-1.

Modul elastičnosti u slučajevima kada se ne proučavaju dugotrajni efekti se određuje ispitivanjem. U nedostatku eksperimentalnih ispitivanja, sekantni modul elastičnosti pod opterećenjem do 1/3 slomnog opterećenja za sve vrste zida uzima se kao:

$$E = K_E \cdot f_k$$

$K_E$  – koeficijent čija je vrijednost preporučena nacionalnim dodatkom i iznosi  $K_E = 1000$

$f_k$  – karakteristična tlačna čvrstoća ziđa

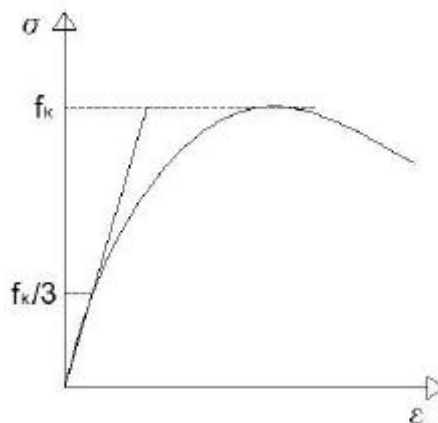
Kada se modul elastičnosti primjenjuje za granična stanja uporabljivosti, preporuča se uzeti  $E = 600 \cdot f_k$ . Ovo se uzima radi pojednostavljenja pri dimenzioniranju, a orijentacijska je vrijednost i može se promatrati kao srednja.

Pri proračunu graničnog stanja uporabljivosti (GSU) u računalnom modelu modul elastičnosti,  $E$ , reduciran je za 50 %.

Module elastičnosti za predmetnu konstrukciju iznosi:

$$E = K_E \cdot f_k = 1000 \cdot 5.50 = 5500.0 \text{ MPa}$$

$$E_{GSU} = E \cdot 0.5 = 5500.0 \cdot 0.5 = 2750.0 \text{ MPa}$$



Slika 1.9. Dijagram naprezanja – relativna deformacija

### **Modul posmika $G$**

Modul posmika,  $G$ , smije se uzeti kao 40% modula elastičnosti  $E$ .

Za proračun se koristi vrijednost  $\frac{E}{6}$  za modul posmika.

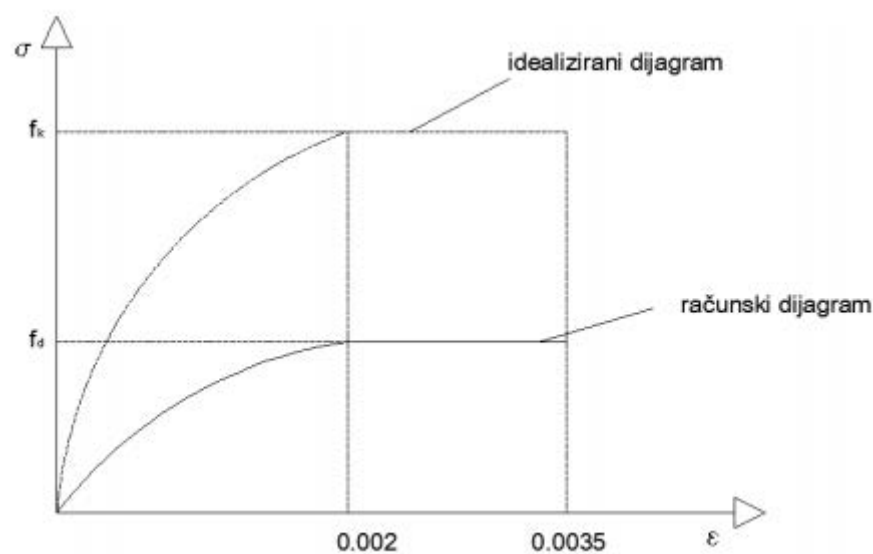
$$G = \frac{E}{6} = \frac{5500.0}{6} = 916.7 \text{ MPa}$$

### 1.5.6. Odnos naprezanja i relativne deformacije

U proračunu se  $\sigma - \varepsilon$  dijagram može uzeti kao površina ispod parabole + pravokutnika ili kao pravokutnik za verifikaciju presjeka kod graničnog stanja nosivosti.

Valja imati na umu da zidni elementi s velikim šupljinama mogu imati kruti slom već kod relativne deformacije  $\varepsilon_{m1} = 0.002$ , tj. prije horizontalnog duktilnog ponašanja.

Prikaz odnosa naprezanja i deformacije Slika 1.10.:



Slika 1.10.

Računski dijagram naprezanje – relativna deformacija

Deformacijska svojstva trebala bi se odrediti eksperimentalno.

U nedostatku takvih ispitivanja, vrijednosti iz tablica uzimaju se kao računске vrijednosti za puzanje, skupljanje i toplinsko širenje, a odnose se na deformacijska svojstva ziđa. Te vrijednosti su izvedene za određene vrste zidnih elemenata.

Deformacijska svojstva ziđa mogu varirati značajno i zato se mora očekivati da će neke vrijednosti biti iznad, a neke ispod onih zadane u proračunu.

## 2. TEHNIČKI OPIS

### 2.1. Općenito

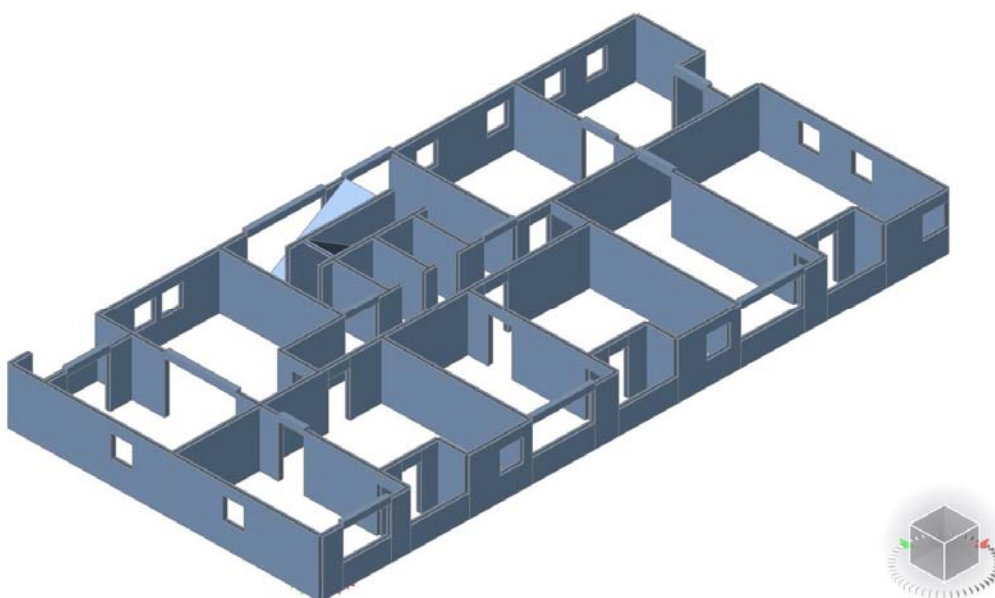
Predmetna građevina je stambena zgrada tlocrtne dimenzije 32.09 x 16.05m, visine kata 2.8m. Zgrada se sastoji od četiri etaže, prizemlja i tri kata ukupne visine 12.80 m. Površina po etaži iznosi 515.04 m<sup>2</sup>.

Konstruktivni sustav je načinjen od vertikalnih konstrukcijskih elemenata omeđenog zida i horizontalnih konstrukcijskih elemenata, armirano-betonske ploče debljine 16.0 cm i armirano-betonskih greda dimenzija 35,0 x 25,0 cm. Pokrov konstrukcije čini neprohodni ravni krov izrađen od armirano-betonske ploče debljine 16.0 cm. Konstrukcija je ojačana armirano-betonskim horizontalnim i vertikalnim serklažima.

Temelji su izvedeni u obliku traka ispod zidova, izrađeni od armiranog betona, različite dimenzije rubnih i unutarnji temelja kako bi se ravnomjerno prenijelo naprezanje na tlo i kako ne bi došlo do nejednolikog slijeganja.

Svi armirano betonski elementi su izvedeni od betona klase C25/30, i armaturnog čelika B500B.

Gravitacijsko djelovanje se preko međukatne konstrukcije prenosi na horizontalne serklaže te preko njih na zidove i vertikalne serklaže do temelja. Horizontalno djelovanje se dominantno prenosi po zidovima.

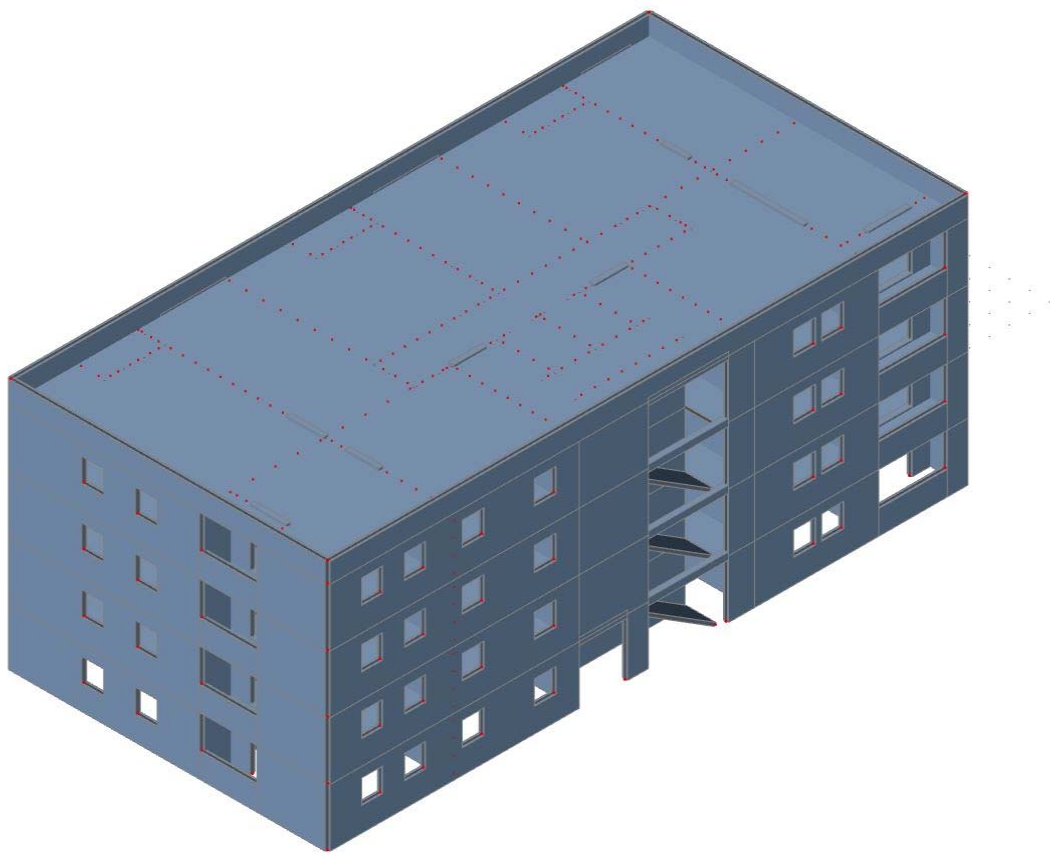


Slika 2.1. Model prizemne etaže u računalnom programu SCIA Engineer 18.1

## 2.2. Proračunski model

Proračunski model je napravljen u računalnom programu SCIA Engineer 18.1.

To je integrirani, strukturni analizator i dizajnerski softver za sve vrste struktura. Širok raspon funkcionalnosti čini ga idealnim softverom za projektiranje poslovnih zgrada, industrijskih postrojenja, mostova ili bilo kojeg drugog projekta, a sve u istom okruženju koje je jednostavno za korištenje. Cilj analize je provjera zadovoljenja uvjeta graničnog stanja nosivosti (GSN) i graničnog stanja uporabivosti (GSU).



Slika 2.2 Model izrađen u računalnom programu SCIA Engineer 18.1

Proračun zidanih konstrukcija mora biti u skladu s općim pravilima danim u normi EN 1990:

- proračun graničnog stanja povezan s metodom parcijalnih koeficijenata opisanom u normi EN1990
- djelovanja dana u normi EN 1991
- pravila kombinacije dana u normi EN 1990
- načela i pravila primjene dana u normi, EN 1996-1-1.

## **2.3. Konstruktivne pojedinosti**

### **2.3.1. Temelji**

Temeljenje je izvršeno na tlu tipa B. Temelji su izvedeni u obliku traka ispod zidova, dimenzija 0.60 x 0.60 m rubni i 0.90 x 0.60 m unutarnji. Različite dimenzije rubnih i unutarnji temelja su rađene kako bi se ravnomjerno prenijelo naprezanje na tlo i kako ne bi došlo do nejednolikog slijeganja.

Nad temeljni zid je dimenzija 0.30 x 0.50 m proteže se preko svih temeljnih traka. Podna ploča je debljine 16.0 cm, proteže se preko cijele etaže površine 515.04 m<sup>2</sup>.

Svi elementi temelja izrađeni su od betona klase C 25/30 i armaturnog čelika B 500B.

### **2.3.2. Zidovi**

Nosivi zidovi izgrađeni su od blok opeke Porotherm 25 S P+E . To je brušena opeka koja je prirodni i ekološki prihvatljiv proizvod dobrih toplinskih, seizmičkih i zvučnih svojstava.

Za zidanje je korišten mort opće namjena M 10 – M10 ( $f_m = 10.0 \text{ MPa}$ )

### **2.3.3. Međukatna konstrukcija**

Međukatna konstrukcija je izvedena kao armirano-betonska ploča debljine 16.0 cm.

Horizontalni serklaži su izvedeni u visini međukatne konstrukcije i minimalne su dimenzije 0.25 x 0.25 m, a iznad otvora se monolitiziraju zajedno s nadvojima radi jednostavnijeg izvođenja.

Svi elementi međukatne konstrukcije i horizontalnih serklaža izrađeni su od betona klase C 25/30 i armaturnog čelika B 500B.

### **2.3.4. Ostale konstrukcije**

Krov konstrukcije čini ravna armirano-betonska ploča također debljine 0.16m.

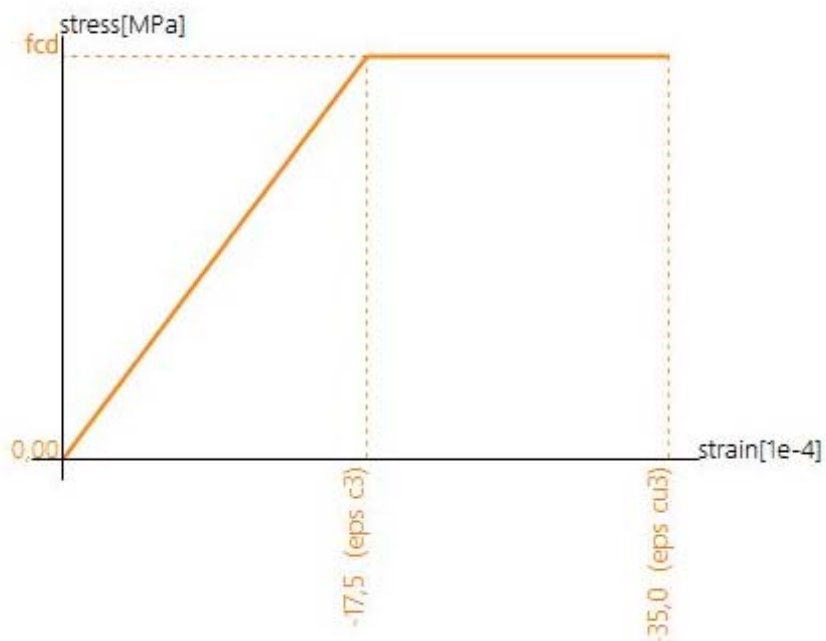
Vertikalni serklaži su postavljeni prema pravilima struke, tj. vodilo se računa o najvećim mogućim razmacima koje zide može imati bez ojačanja vertikalnim serklažom. Dimenzije vertikalnih serklaža su 0.25 x 0.25 m. Na pojedinim mjestima gdje je razmak serklaža bio mali (otvor-sudar zidova) izvedena je armirano-betonski zid s obzirom da nije bilo dovoljno prostora za blok opeku.

## 2.4. Materijali

### 2.4.1. Beton

Svi armirano-betonski elementi (temelji, nad temeljni zidovi, međukatne konstrukcije, nadvoji, vertikalni i horizontalni serklaži) izrađeni su od betona klase C25/30.

- Karakteristike betona klase C25/30:
- Karakteristična tlačna čvrstoća  $f_{ck} = 25.0 \text{ MPa}$
- Posmična čvrstoća  $\tau_{Rd} = 0.30 \text{ MPa}$
- Srednja vlačna čvrstoća  $f_{ct,m} = 2.60 \text{ MPa}$
- Modul elastičnosti  $E = 31500.0 \text{ MPa}$
- Modul posmika  $G = 13125.0 \text{ MPa}$



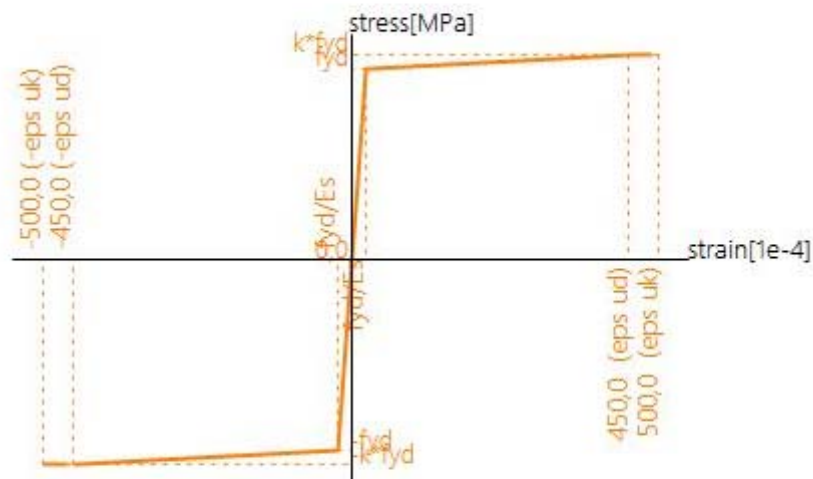
Slika 2.3. Radni dijagram betona

### 2.4.2. Čelik

Svi armirano-betonski elementi su armirani armaturnim čelikom B500B.

Karakteristike čelika B 500B:

- Karakteristična vlačna čvrstoća  $f_{yk} = 500.0 \text{ MPa}$
- Modul elastičnosti  $E = 200000.0 \text{ MPa}$
- Modul posmika  $G = 83333.0 \text{ MPa}$



Slika 2.4. Radni dijagram čelika

### 2.4.3. Zidni elementi

Materijal korišten za zidanje zidova je blok opeka Porotherm 25 S P+E, karakteristike elementa su prikazane na slici 2.5.

Opeka je prvi i najstariji umjetno proizvedeni građevinski materijal (umjetni kamen). Sirovina za proizvodnju opeke je zemljani materijal, danas prvenstveno glina.



POROTHERM brušena opeka prirodni je i ekološki prihvatljiv proizvod koji se još može nazvati i proizvodom budućnosti. Precizno je brušena s obje strane kontroliranim računalnim procesom te je izrađena od prirodnih proizvoda - gline, pijeska i piljevine, a nakon uporabe može se 100% reciklirati.

Blok velikih dimenzija, manji utrošak opeke. Mortni džepovi povećavaju otpornost zida na sile potresa. Porozna opeka, olakšana masa i poboljšana toplinska svojstva.



#### TEHNIČKE KARAKTERISTIKE

Dimenzije:	37,5x25x23,8 cm
Masa cca.:	m 14,95 kg
Tlačna čvrstoća:	10,00 N/mm <sup>2</sup>
Potrošnja opeke:	10,70 kom/m <sup>2</sup>
Potrošnja morta:	42,70 kom/m <sup>3</sup>
Težina za m <sup>2</sup> zida	27,00 l/m <sup>2</sup>
	2,25 kN/m <sup>2</sup>

Toplinska žbuka 4 cm ( $\lambda=0,08$  W/mK)

$$U=0,52 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Toplinska izolacija 6 cm ( $\lambda=0,04$  W/mK)

$$U=0,34 \text{ W/m}^2\text{K}$$

#### FIZIKALNA SVOJSTVA

Koeficijent toplinske vodljivosti*:	$\lambda$	0,18 W/mK
Koeficijent prolaznosti topline*:	U	0,64 W/m <sup>2</sup> K
Bruto volumen:	p	680,00 kg/m <sup>3</sup>
Specifični toplinski kapacitet:	c	920,00 J/kgK
Faktor otpora difuzije vodene pare:	$\mu$	5/10
Računska dozvoljena vlažnost:	Xr	2,60 %
Maksimalna dozvoljena vlažnost:	Xmax	5,40 %
Računska debljina kondenzirane vodene pare:		0,05 m
Razred raspona / Razred dopuštenih odstupanja:		T1/R1
Reakcija pri požaru:		A1
Otpornost na zamrzavanje:		F0
Sadržaj aktivnih topljivih soli:		S0
Grupa prema HRN EN 1996-1-1		2b

#### Certifikat

Tvrtka Wienerberger certificirala je unutarnju tvorničku kontrolu proizvodnje kojom se potvrđuje da je proizvođač proveo početno ispitivanje tipa proizvoda, da provodi stalnu kontrolu proizvodnje i da je ovlašteno tijelo provelo početni nadzor tvornice i početni nadzor tvorničke kontrole proizvodnje te da provodi stalni nadzor, procjenu i ocjenu tvorničke kontrole proizvodnje. Opekarski proizvodi tvrtke Wienerberger su u potpunosti u skladu sa Zakonom o građevnim proizvodima (NN br. 86/08), Pravilnikom o ocjenjivanju sukladnosti, ispravama o sukladnosti i označavanju građevnih proizvoda (NN br. 103/08) i Tehničkim propisom za zidane konstrukcije.

Hrvatska - Certifikat Institut IGH  
EU - Certifikat ZAG Ljubljana

#### ZVUČNE KARAKTERISTIKE

Gipsana žbuka	
POROTHERM 38 S PLUS zidan toplinskim mortom	50 dB
Toplinsko-izopacijska žbuka	
Silikatna žbuka	

\* - zidano sa toplinskim mortom  $\lambda=0,19$  W/mK, lagana žbuka 3 cm ( $\lambda=0,60$  W/mK)

Napomena - Potrebno je izraditi statički proračun

#### VATROOTPORNOST

Razred požarne otpornosti (min)	REI 90
---------------------------------	--------

Vatrootpornost neožbukanih zidova prema Eurocode 6: Projektiranje zidanih konstrukcija 1-2: Opća pravila - Projektiranje konstrukcija na požarno djelovanje

Slika 2.5. Karakteristike Porotherm 25 S P+E

### **3. ANALIZA OPTEREĆENJA**

Konstrukcija treba biti planirana, projektirana i izvedena tako da tijekom predviđenog vijeka trajanja:

- ostane uporabiva za predviđenu namjenu
- bude u stanju podnijeti sva predviđena djelovanja i učinke tijekom izvedbe i uporabe

Norma EN 1991-1-1 navodi proračunske smjernice i djelovanja za konstrukcijski proračun zgrada i inženjerskih građevina, uključujući i neka geotehnička gledišta, a odnosi se na:

- obujamske težine građevnih i uskladištenih materijala
- vlastitu težinu građevina
- uporabna opterećenja zgrada

Trajnost konstrukcije je njena sposobnost da tijekom svog proračunskoga uporabnog vijeka ostane sposobna za uporabu uz odgovarajuće održavanje. Treba biti projektirana ili zaštićena tako da se u periodu između uzastopnih pregleda značajno ne pogorša njena uporabljivost.

#### **3.1. Djelovanje na konstrukciju**

Osnovna opterećenja, na čiji utjecaj se dokazuje mehanička otpornost i stabilnost predmetne građevine, podijeljena su prema sljedećem:

- Stalna djelovanja G

Djelovanja za koje se smatra da će vjerojatno djelovati na konstrukciju u cijelom vijeku trajanja, ili imati promjenu intenziteta ali su te promjene zanemarive u odnosu na srednju vrijednost.

Vlastitu težinu građevina treba svrstati u stalno nepomično djelovanje, također tu spadaju pritisak tla, pritisak vode, prednapinjanje, slijeganje oslonaca, deformacije uslijed načina izgradnje konstrukcije.

Kad se vlastita težina mijenja u vremenu, treba je uzeti u obzir s gornjom i donjom karakterističnom vrijednosti. Međutim, u nekim slučajevima Kad je slobodna (npr. pomične pregrade), vlastitu težinu treba promatrati kao dodatno uporabno opterećenje.

- Promjenjiva djelovanja Q

Uporabna opterećenja moraju se svrstati u promjenjiva slobodna djelovanja. Uporabna opterećenja treba promatrati kao nazovistatička djelovanja. Modeli opterećenja smiju obuhvatiti dinamičke učinke ako nema opasnosti od pojave rezonancije ili drugih značajnih dinamičkih odziva konstrukcije. Ako se mogu očekivati učinci rezonancije zbog usklađenih ritmičkih pokreta ljudi ili plesa, ili skakanja, treba odrediti model opterećenja za posebni dinamički proračun.

U proračunskim situacijama gdje uporabna opterećenja djeluju istodobno s ostalim promjenjivim djelovanjima (npr. djelovanja uzrokovana vjetrom, snijegom, kranovima ili strojevima), sva promjenjiva opterećenja u odgovarajućem slučaju opterećenja moraju se uzeti u obzir kao jedinstveno djelovanje.

- Izvanredna djelovanja A

Izvanredna opterećenja su općenito kratkog vremena trajanja, a vjerojatnost njihovog nastupanja u planiranom vijeku trajanja je mala.

U tu skupinu opterećenja spadaju: eksplozije, udar vozila, potres, požar, slijeganje i klizanje terena.

### **3.2. Stalno djelovanje na konstrukciju**

- Vlastita težina elemenata konstrukcije

U računalnom modelu SCIA Engineer 18.1. vlastita težina nosive konstrukcije zadana je automatski u postavkama odabranog materijala.

- Ostala stalna djelovanja

Stalno djelovanje na međukatnu konstrukciju od slojeva poda i pregradnih zidova iznosi  $\Delta G = 1,3 \text{ kN/m}^2$ , dok je djelovanje na krovnu ploču  $\Delta G = 2,3 \text{ kN/m}^2$ .

### 3.3. Promjenjivo djelovanje na konstrukciju

Uporabna opterećenja se uglavnom svrstavaju u promjenljiva i slobodna.

Prostori u stambenim, društvenim, trgovačkim i administrativnim zgradama moraju se svrstati u kategorije u skladu s njihovim namjenama prikazanim u tablici 3.1.

Neovisno o ovoj razredbi prostora, dinamički učinci moraju se uzeti u obzir tamo gdje se predviđa da će uporaba uzrokovati značajne dinamičke učinke.

Kategorija	Namjena	Primjer
A	Prostori za stanovanje i kućanske djelatnosti	Sobe u stambenim zgradama i kućama, sobe i odjeli u bolnicama; sobe u hotelima i prenočištima, kuhinje i kupaonice
B	Uredski prostori	
C	Prostori gdje se mogu okupljati ljudi (osim prostora određenih u kategorijama A, B, i D <sup>1)</sup> )	C1: Prostori sa stolovima i sl., primjerice u školama, kavanama, restoranima, blagovaonicama, čitaonicama, recepcijama C2: Prostori s nepomičnim sjedalima, primjerice u crkvama, kazalištima ili kinima, sobe za sastanke, dvorane za predavanja, dvorane za skupove, željezničke čekaonice i sl. C3: Prostori bez zapreka za kretanje ljudi, primjerice u muzejima, izložbenim prostorima i slično, te pristupi u javnim i upravnim zgradama, hotelima, bolnicama i željezničkim stanicama C4: Prostori gdje su moguće fizičke aktivnosti, primjerice plesne dvorane, gimnastičke dvorane, pozornice C5: Prostori za velika okupljanja ljudi, primjerice u zgradama za javne priredbe kao što su koncertne dvorane, sportske dvorane uključujući gledališta, terase, prilaze i željezničke perone
D	Prodajni prostori	D1: Prostori u trgovinama D2: Prostori u robnim kućama
<sup>1)</sup> Obratiti pažnju na točku 6.3.1.1(2), posebno za kategorije C4 i C5. Kad se dinamički učinci trebaju uzeti u obzir, vidjeti normu EN 1990. Za kategoriju E, vidjeti tablicu 6.3. NAPOMENA 1: Ovisno o predviđenom načinu upotrebe, prostori koji bi mogli pripadati kategorijama C2, C3 i C4 smiju se odlukom investitora i/ili nacionalnim dodatkom svrstati u kategoriju C5 NAPOMENA 2: U nacionalnome dodatku smiju se odrediti potkategorije za A, B, C1 do C5, D1 i D2. NAPOMENA 3: Za proizvodne djelatnosti ili skladištenje, vidjeti točku 6.3.2.		

Tablica 3.1.

Uporabne kategorije

Opterećeni prostori, svrstani u kategorije prikazane u tablici 3.1, moraju se proračunati upotrebljavajući karakteristične vrijednosti  $q_k$  (jednoliko raspodijeljeno opterećenje) i  $Q_k$  (koncentrirano opterećenje).

Kategorija opterećenog prostora	$q_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$Q_k$ [kN]
<b>Kategorija A</b>		
– stropovi	1,5 do <u>2,0</u>	<u>2,0</u> do 3,0
– stubišta	<u>2,0</u> do 4,0	<u>2,0</u> do 4,0
– balkoni	<u>2,5</u> do 4,0	<u>2,0</u> do 3,0
<b>Kategorija B</b>	2,0 do <u>3,0</u>	1,5 do <u>4,5</u>
<b>Kategorija C</b>		
– C1	2,0 do <u>3,0</u>	3,0 do <u>4,0</u>
– C2	3,0 do <u>4,0</u>	2,5 do 7,0 ( <u>4,0</u> )
– C3	3,0 do <u>5,0</u>	<u>4,0</u> do 7,0
– C4	4,5 do <u>5,0</u>	3,5 do <u>7,0</u>
– C5	<u>5,0</u> do 7,5	3,5 do <u>4,5</u>
<b>Kategorija D</b>		
– D1	<u>4,0</u> do 5,0	3,5 do 7,0 ( <u>4,0</u> )
– D2	4,0 do <u>5,0</u>	3,5 do <u>7,0</u>

Tablica 3.2.

Uporabna opterećenja stropova, balkona i stubišta u zgradama

Gdje je to potrebno, opterećenja  $q_k$  i  $Q_k$  treba u proračunu povećati (npr. stubišta i balkoni, ovisno o načinu upotrebe i izmjerama).

Proračunom se mora uzeti u obzir da koncentrirano opterećenje djeluje u bilo kojoj točki na stropu ili stubištu te da djeluje na plohi koja je oblikom primjerena namjeni i obliku stropa.

U računalnom modelu uporabno opterećenje za pojedina područja je zadano:

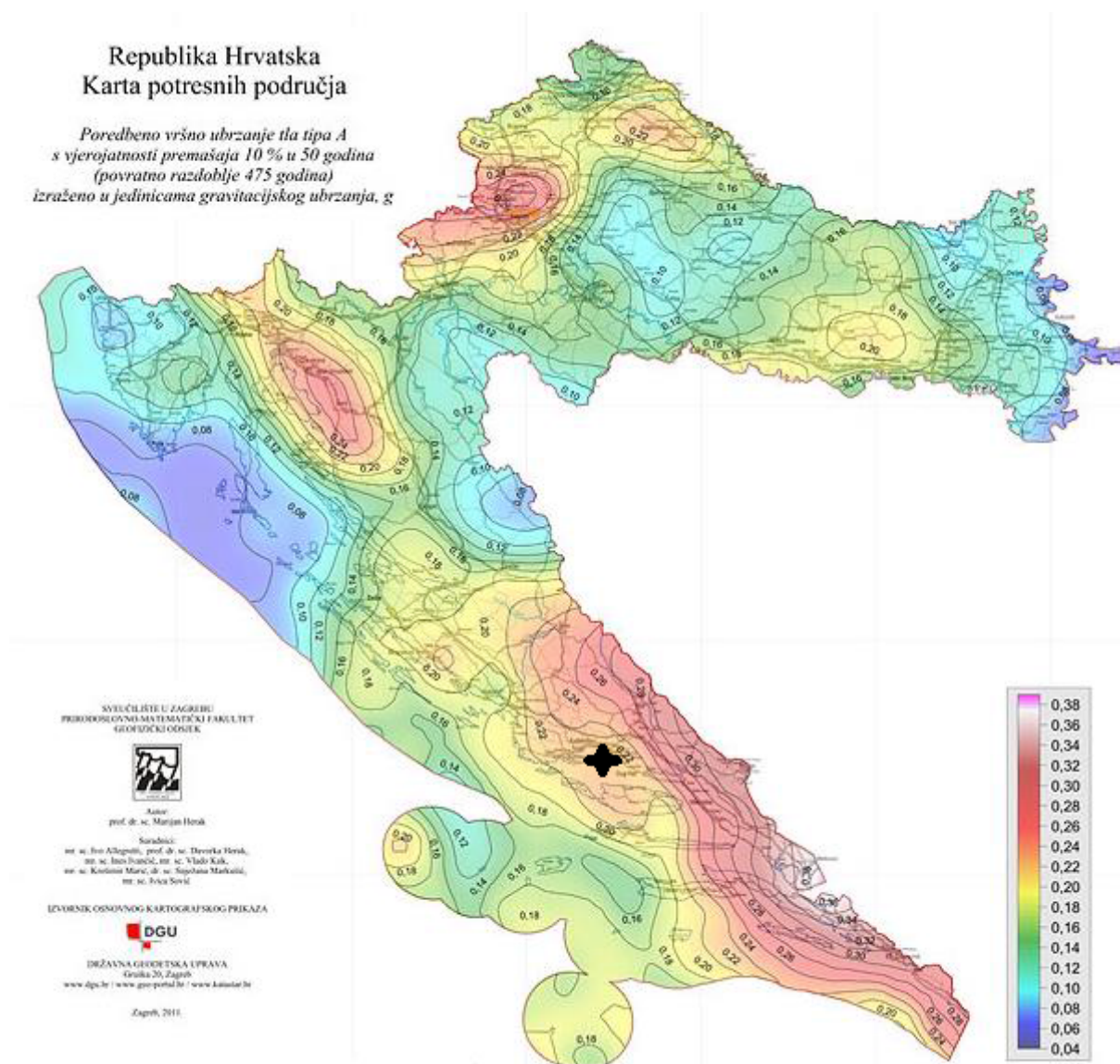
- Stubište, hodnik  $Q = 3,0 \text{ kN/m}^2$
- Stan  $Q = 1,5 \text{ kN/m}^2$
- Balkon  $Q = 4,0 \text{ kN/m}^2$
- Krov  $Q = 1,0 \text{ kN/m}^2$



### 3.4. Potresno djelovanje na konstrukciju

Potresno djelovanje određujemo iz računskog ubrzanja tla koje  $a_g$ , koje odgovara povratnom periodu potresa od 475 godina.

Računsko ubrzanje tla ovisno o području na kojima se nalaze promatrana građevina, za područje Splita poredbeno vršno ubrzanje iznosi  $a_g = 0,2g$ , dok je faktor ponašanja za ovakvu vrstu građevine usvojen  $q = 2,5$ . Uzeta je kategorija tla tipa B.



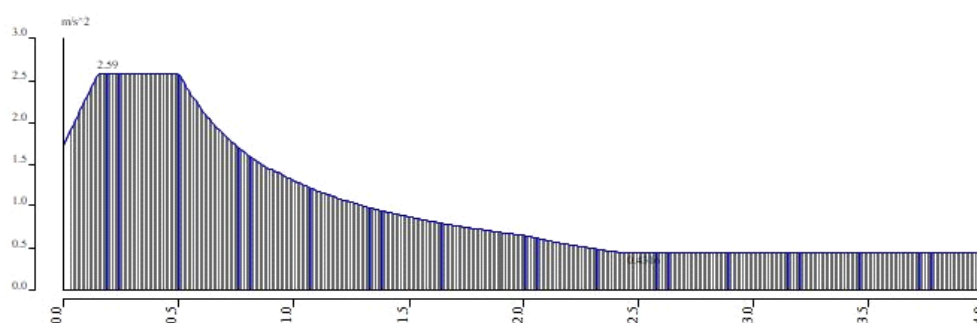
Slika 3.1. Potresna karta Hrvatske

Potres se razmatra kao fenomen velike količine energije i veoma je kratkog trajanja.

Horizontalno gibanje tla na površini Zemlje uzrokovano potresom modelira se s elastičnim spektrom odgovora ubrzanja podloge. Računsko ubrzanje tla  $a_g$ , ovisi o stupnju seizmičkog

rizika i određuje se na temelju odgovarajućih seizmoloških ispitivanja lokacije građevine ili prema usvojenim vrijednostima za seizmička područja državnog teritorija.

Seizmičko djelovanje obično se predstavlja sa tri komponente (gibanje točke opisuje s dvije horizontalne i jednom vertikalnom komponentom). Za određivanje jedne komponente seizmičkog djelovanja obično se koristi spektar seizmičkog ubrzanja tla u jednom translacijskom smjeru. Elastični spektar odgovora (ubrzanja) definira se analitički i kvalitativno.



Slika 3.2. Spektar odaziva korišten u programu SCIA Engineer 18.1

#### Sum of masses

	X [kg]	Y [kg]	Z [kg]
1	2061308,2	2061308,2	2061308,2

#### Relative modal masses

Mod	nega [rad /	Razdoblje [s]	Frekv. [Hz]	4okro omje	$W_{x1}/W_{stat}$	$W_{y1}/W_{stat}$	$W_{z1}/W_{stat}$	$V_{x1,R}/W_{stat}$	$V_{y1,R}/W_{stat}$	$V_{z1,R}/W_{stat}$
1	35.4644	0,18	5,64	0	0.315496	0.380401	3.0106e-05	0.0476198	0.0128235	0.106832
2	36.8296	0,17	5,86	0	0.368264	0.393341	1.62787e-06	0.0530658	0.0142738	0.0376732
3	45.3102	0,14	7,21	0	0.133163	0.00858887	2.27386e-05	0.00166417	0.0075884	0.666441
4	66.3683	0,09	10,56	0	0.000144491	1.72217e-05	0.0240809	0.00444609	0.0396185	0
5	68.9186	0,09	10,97	0	0.000793613	0.000416796	0.00920552	0.0105084	0.000478714	0.000205193
6	69.8693	0,09	11,12	0	0.00012011	3.45985e-06	3.32719e-05	3.26781e-05	2.88083e-05	5.20051e-05
7	71.9087	0,09	11,44	0	0.00058355	0.00010264	0.00391287	0.00236803	0.000287374	3.46921e-05
8	72.458	0,09	11,53	0	3.87203e-06	1.50693e-05	0.000100653	0.00010218	3.88897e-06	7.7186e-06
9	73.3176	0,09	11,67	0	3.32521e-05	3.29569e-06	0.017014	0.00304455	0.0272247	1.55335e-08
10	74.761	0,08	11,90	0	0.000104473	1.56753e-05	0.018712	0.00311931	0.0289797	2.46867e-08
11	76.6678	0,08	12,20	0	1.44022e-05	3.19145e-07	0.0120119	0.00280163	0.0200975	3.59083e-06
12	78.9958	0,08	12,57	0	0.000776038	3.09682e-06	0.00885972	0.00591096	0.00695289	3.63654e-05
13	79.3019	0,08	12,62	0	0.000239219	3.3436e-05	0.05918	0.0257273	0.0467576	3.1237e-05
14	80.0412	0,08	12,74	0	0.000513568	0	0.00303678	0.00234274	0.000158676	1.46935e-05
15	81.5166	0,08	12,97	0	0.000763941	3.49048e-05	0.0394603	0.0143794	0.0117786	1.34054e-05
16	82.3628	0,08	13,11	0	7.57103e-07	7.85045e-05	0.0696658	0.0323216	2.51754e-05	5.1627e-06
17	84.9791	0,07	13,52	0	1.4533e-05	3.56267e-06	0.031044	0.00692965	0.0478388	2.16741e-05
18	86.8385	0,07	13,82	0	1.69435e-05	1.22532e-05	0.00787747	0.0009533	0.00277146	3.17105e-07
19	87.9623	0,07	14,00	0	3.43962e-05	3.30914e-07	0.00839062	0.000172299	0.00290968	2.60904e-06
20	88.6525	0,07	14,11	0	2.64221e-05	0.000103498	0.0167398	0.00272289	0.000802985	3.33986e-07
21	89.6356	0,07	14,27	0	0.000536152	3.76987e-06	0.0246499	0.0122489	0.0365436	3.78187e-08
22	89.7719	0,07	14,29	0	1.29456e-05	3.53884e-06	0.02562	0.0289391	0.0271082	1.45047e-06
23	91.9931	0,07	14,64	0	3.88563e-06	5.15264e-07	0.0021978	0.00166673	0.0028138	2.13914e-06
24	92.602	0,07	14,74	0	0.000735149	0.000878893	0.0447795	0.0361828	0.0638441	3.4455e-05
25	92.7924	0,07	14,77	0	3.29787e-05	3.05086e-06	0.00153449	1.30437e-05	0.00211377	3.41368e-07
0	0	0,00	0,00	0	0.822561	0.784121	0.428162	0.299283	0.403827	0.811481

Slika 3.3. Prikaz uključenih masa

Prema EC-8, nije zadovoljen uvjet da suma svih upotrijebljenih vlastitih oblika u proračunu moraju aktivirati najmanje 90% ukupne mase, kao i svi vlastiti oblici sa minimalno 5% aktivirane mase.

S obzirom da u proračunu masa nije postignuto uključanje od minimalno aktivirane mase, potresne sile se povećavaju kako bi uključili potrebnu masu.

Aktivirana masa u smjeru X:

$$\frac{W_{x,i}}{W_{x,tot}} = 0.823 \rightarrow 82.3 \%$$

Faktor povećanja potresne sile:

$$\frac{1}{0.823} = 1.215$$

Potresna sila u smjeru X uvećava se za 1.215

Aktivirana masa u smjeru Y:

$$\frac{W_{y,i}}{W_{y,tot}} = 0.784 \rightarrow 78.4 \%$$

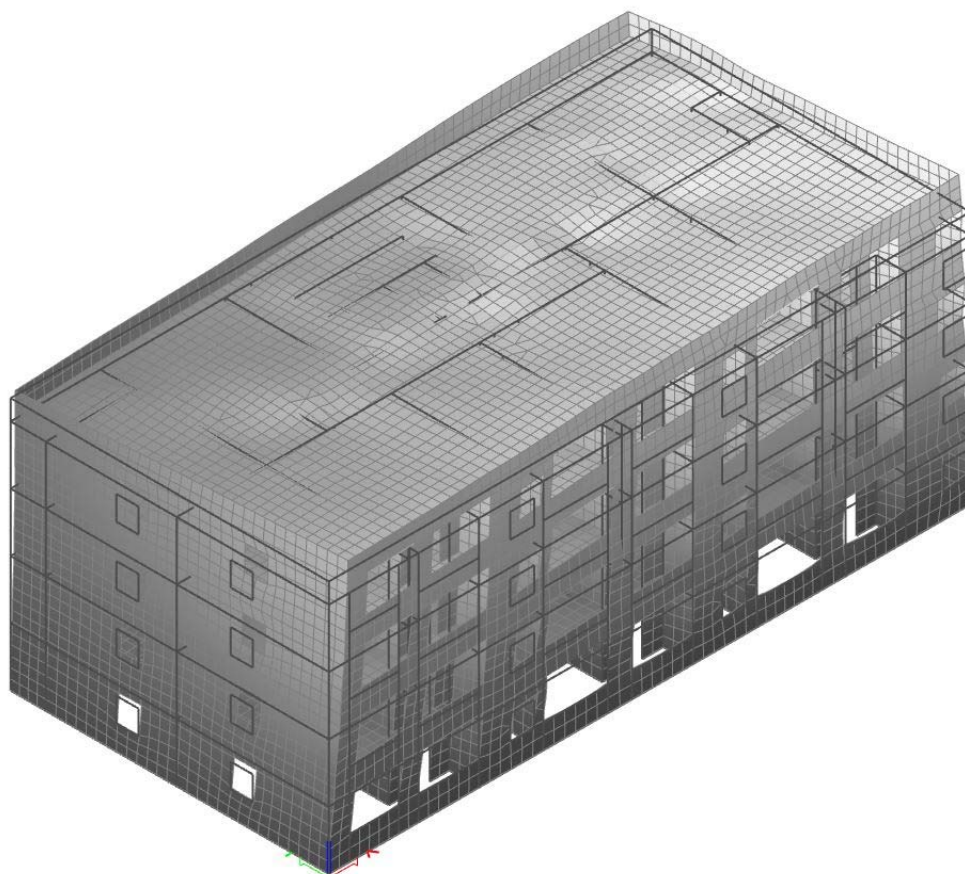
Faktor povećanja potresne sile:

$$\frac{1}{0.784} = 1.276$$

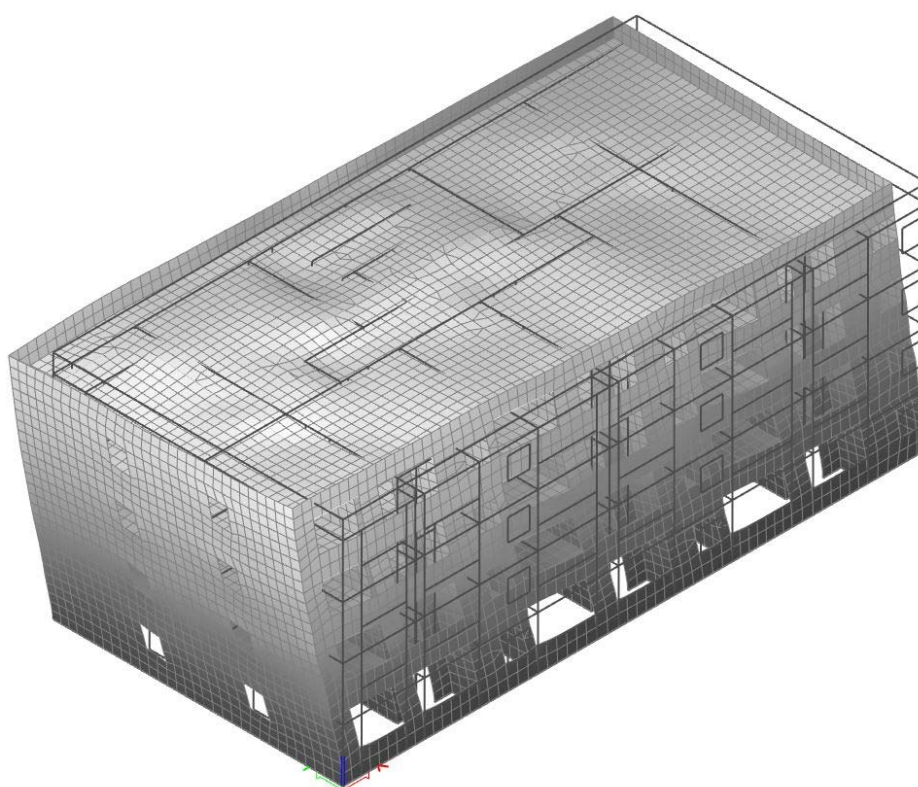
Potresna sila u smjeru Y uvećava se za 1.276

U nastavku je prikaz vlastitih vektora pri djelovanju potresnog opterećenja.

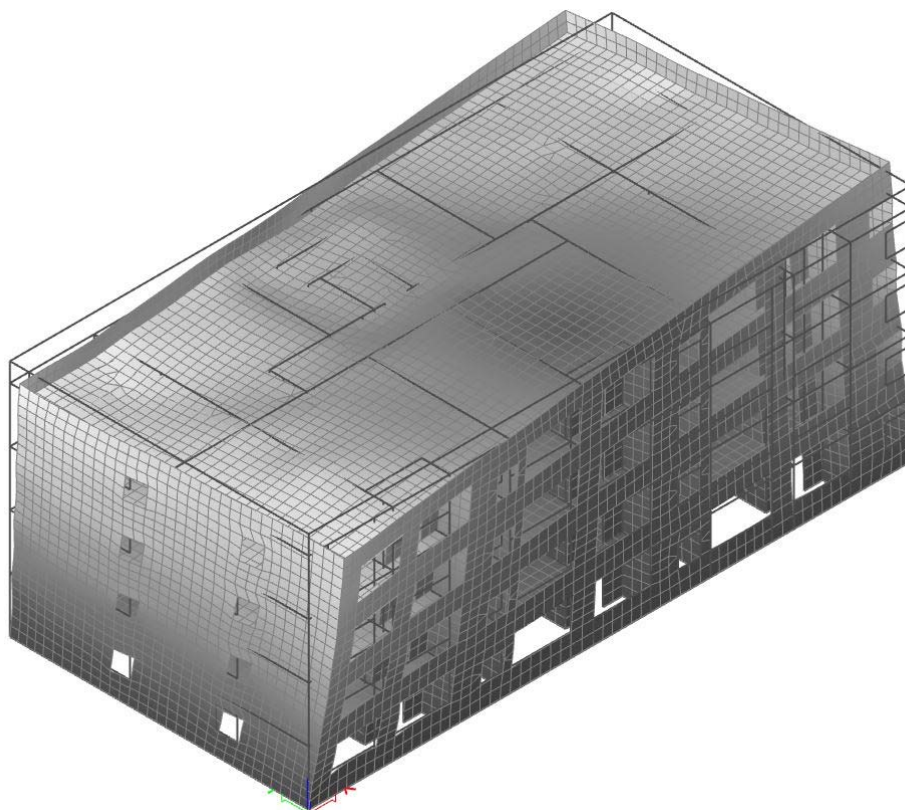




Slika 3.4. Kombinacija masa – 1. vlastiti vektor (translacija u smjeru globalne osi x)



Slika 3.5. Kombinacija masa – 2. vlastiti vektor (translacija u smjeru globalne osi y)



Slika 3.6. Kombinacija masa – 3. vlastiti vektor (rotacija oko osi težišta)

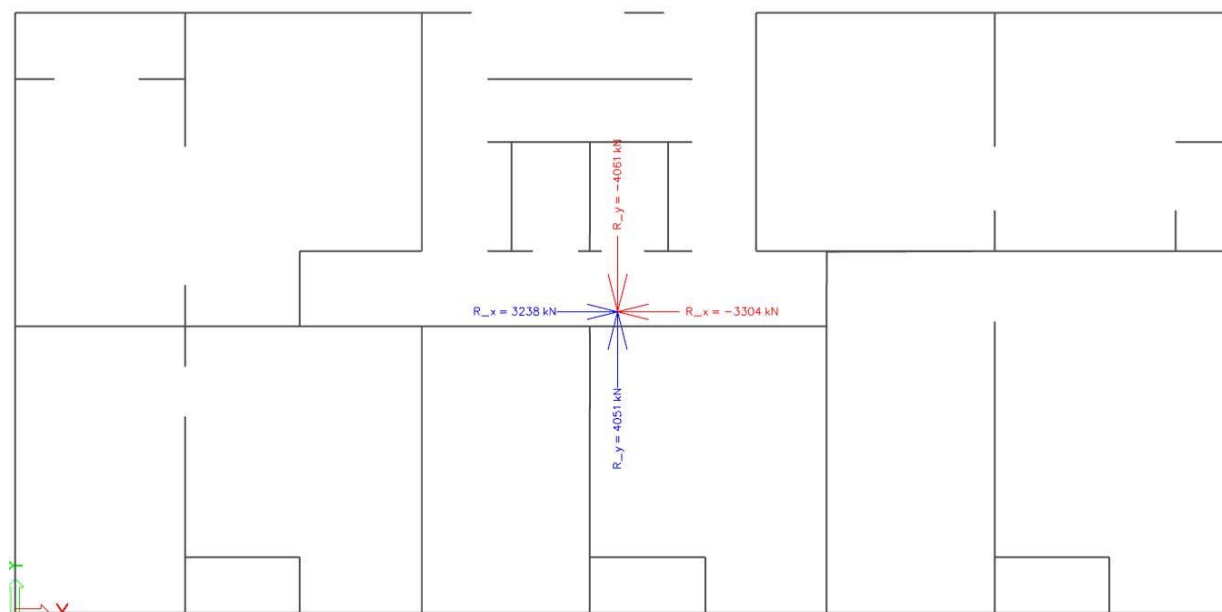
### 3.5. Torzijsko djelovanje na konstrukciju

Utjecaj torzije na objekt prikazujemo tako što iz proračuna na potres očitamo vrijednosti horizontalnih reakcija u smjeru X i Y i raspodijelimo po etažama.

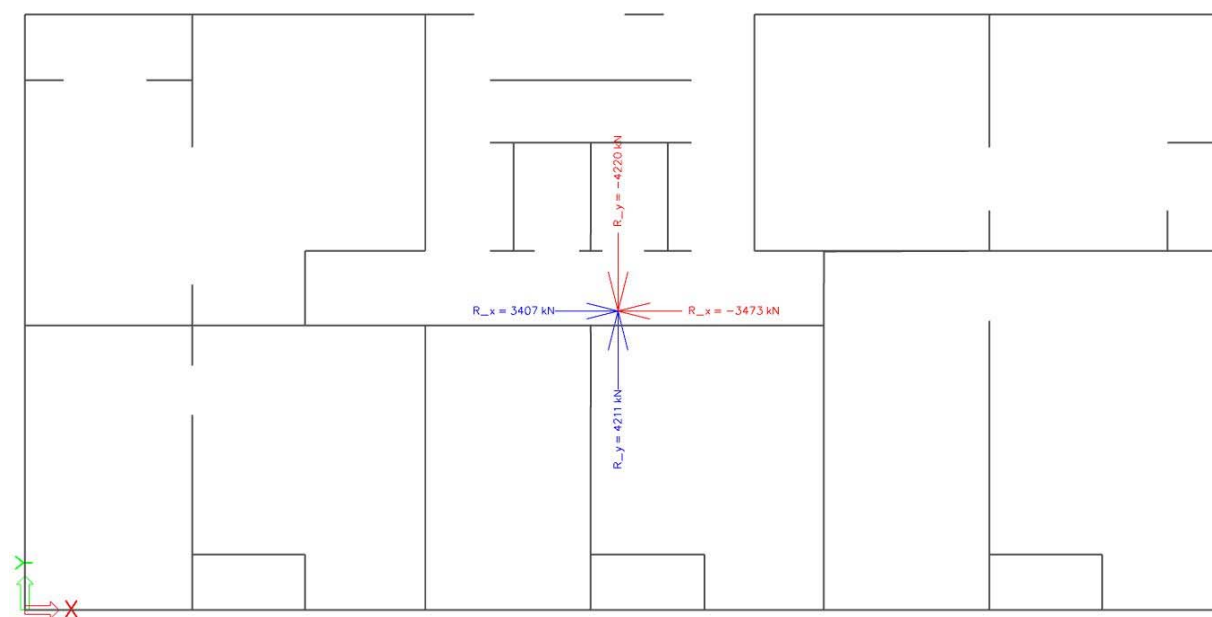
Kombinacija korištena za proračuna u računalnom programu SCIA Engineer 18.1.

$$Sx = K_{Sx+} + K_{Sx-}$$

$$Sy = K_{Sy+} + K_{Sy-}$$



Slika 3.7. Rezultanta horizontalnih djelovanja potresne kombinacije Sx

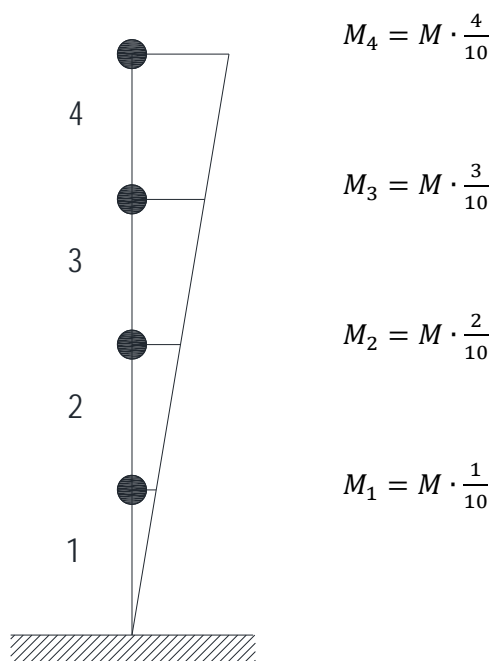
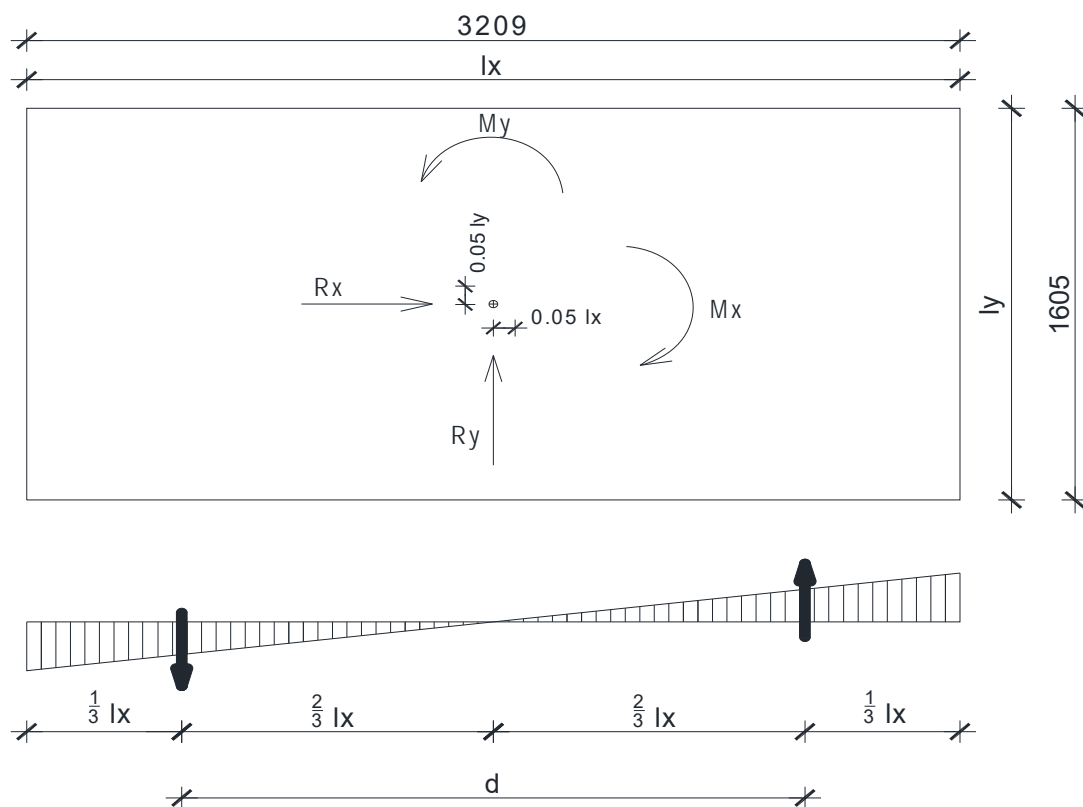


Slika 3.8. Rezultanta horizontalnih djelovanja potresne kombinacije Sy

Očitane vrijednosti za daljnji proračun :

$$R_x = 3304.0 \text{ kN}$$

$$R_y = 4220.0 \text{ kN}$$



$$M_y = R_y \cdot 0.05 \cdot l_x = 4220.0 \cdot 0.05 \cdot 32.09 = 6770.99 \text{ kN/m}$$

$$M_x = R_x \cdot 0.05 \cdot l_y = 3304.0 \cdot 0.05 \cdot 16.05 = 2651.46 \text{ kN/m}$$

$$F \cdot d = M$$

$$F \cdot \frac{2}{3} \cdot l_i = M$$

$$F = \frac{\sigma_i \cdot \frac{l_i}{2}}{2} = \frac{\sigma_i \cdot l_i}{4}$$

$$\sigma_i = \frac{4 \cdot F_i}{l_j}$$

		M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	F <sub>x</sub>	F <sub>y</sub>	σ <sub>x</sub>	σ <sub>y</sub>
M1	1	265,15	677,10	12,39	15,83	3,09	1,97
M2	2	530,29	1354,20	24,78	31,65	6,18	3,95
M3	3	795,44	2031,30	37,17	47,48	9,26	5,92
M4	4	1060,58	2708,40	49,56	63,30	12,35	7,89

### 3.6. Ulazni parametri za model u SCIA Engineer 18.1.

Granično stanje nosivosti:

$$GSN : 1.35 \cdot (G + \Delta G) + 1.5 \cdot Q$$

Granično stanje uporabivosti:

$$GSU1 : 1.0 \cdot (G + \Delta G) + 0.5 \cdot Q$$

$$GSU2 : 1.0 \cdot (G + \Delta G) + 0.3 \cdot Q$$

Kombinacije opterećenja :

$$K_{Sx+} : 1.0 \cdot (G + \Delta G) + 0.3 \cdot Q + 1.0 \cdot S_x + 1.0 \cdot T_x$$

$$K_{Sx-} : 1.0 \cdot (G + \Delta G) + 0.3 \cdot Q - 1.0 \cdot S_x - 1.0 \cdot T_x$$

$$K_{Sy+} : 1.0 \cdot (G + \Delta G) + 0.3 \cdot Q + 1.0 \cdot S_y + 1.0 \cdot T_y$$

$$K_{Sy-} : 1.0 \cdot (G + \Delta G) + 0.3 \cdot Q - 1.0 \cdot S_y - 1.0 \cdot T_y$$

## 4. PRORAČUN KONSTRUKTIVNIH ELEMENATA

### 4.1. Proračun međukatne konstrukcije

Proračun je rađen pomoću modela u računalnom programu SCIA Engineer 18.1.

Međukatna konstrukcija je napravljena od betona klase C25/30 i armirana čelikom za armiranje B500B, debljina ploče je 16cm.

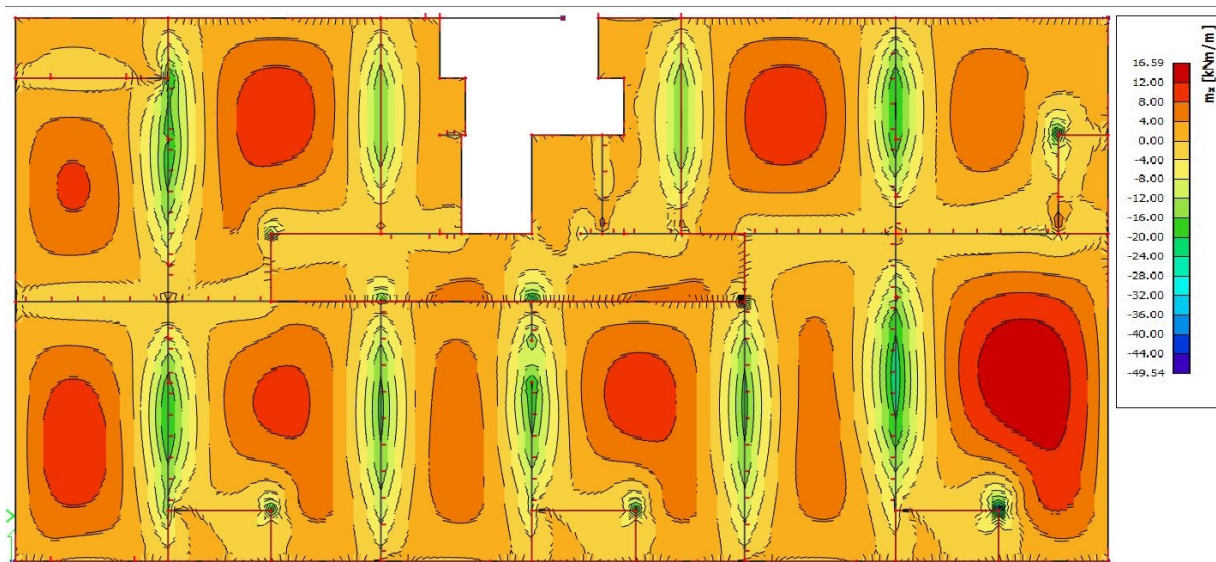
AB ploča:	Beton:	Armatura:
$h = 16.0 \text{ cm}$	C 25/30	B 500B
zaštitni sloj	$f_{ck} = 25.0 \text{ MPa}$	$f_y = 500.0 \text{ MPa}$
$a = 2.0 \text{ cm}$	$E_{cm} = 31.5 \text{ MPa}$	$\gamma_s = 1.15$
$d = 13.5 \text{ cm}$	$\gamma_c = 1.5$	

#### 4.1.1. Prikaz rezultata

Kombinacija za izračuna momenata savijanja u programu SCIA Engineer 18.1:

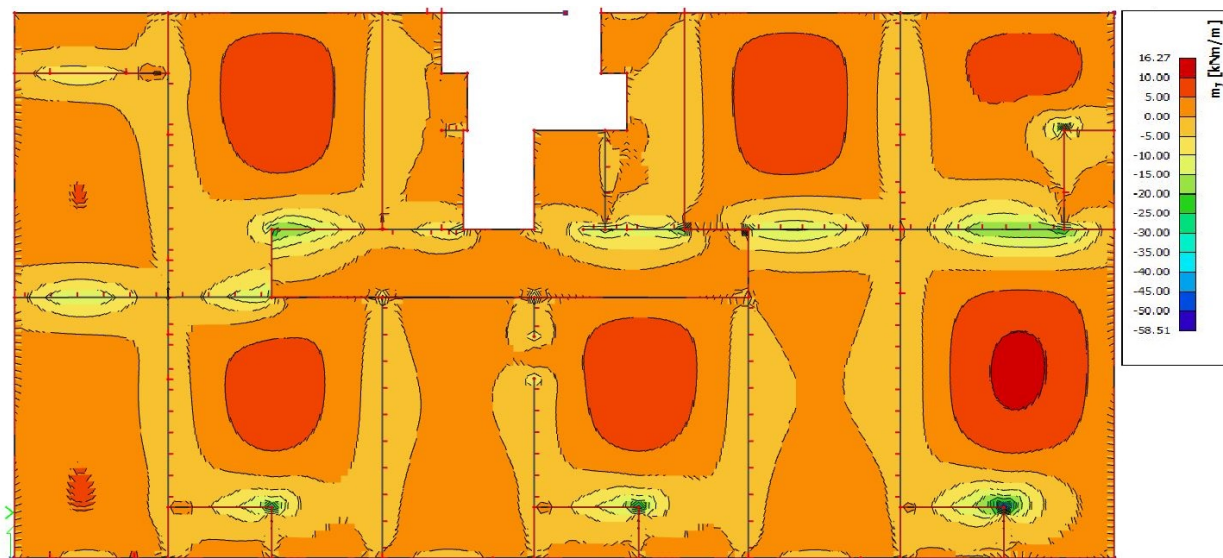
$$GSN : 1,35 \cdot (G + \Delta G) + 1,5 \cdot Q$$

Na sljedećim slikama prikazani su rezultati momenta savijanja na pločama



Slika 4.1. Vrijednosti momenata  $M_{Ed,x}$  [kNm] za kombinaciju GSN





Slika 4.2. Vrijednosti momenata  $M_{Ed,y}$  [kNm] za kombinaciju GSN

#### 4.1.2. Prikaz potrebne armature

Limitirajući moment savijanja:

$$M_{Rd,lim} = 0.159 \cdot (b_w \cdot d^2) \cdot f_{cd}$$

$$M_{Rd,lim} = 0.159 \cdot (1.0 \cdot 0.135^2) \cdot \frac{25.0}{1.5} \cdot 1000 = 48.3 \text{ kNm}$$

Minimalna i maksimalna armatura za ploče:

$$A_{S,min} = 0.0015 \cdot b \cdot d$$

$$A_{S,min} = 0.0015 \cdot 100 \cdot 13.5 = 2.03 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$A_{S,min} = 0.6 \cdot b \cdot \frac{d}{f_{yk}}$$

$$A_{S,min} = 0.6 \cdot 100 \cdot \frac{13.5}{500.0} = 1.62 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$A_{S,max} = 0.31 \cdot b \cdot d \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}}$$

$$A_{S,max} = 0.31 \cdot 100 \cdot 13.5 \cdot \frac{\frac{25.0}{1.5}}{\frac{500}{1.15}} = 16.04 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Za proračun armature ploča usvaja se  $\zeta \approx 0.9$ . Potrebna armatura:

$$A_{s1,s2} = \frac{M_{Ed} \cdot 100}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}}$$

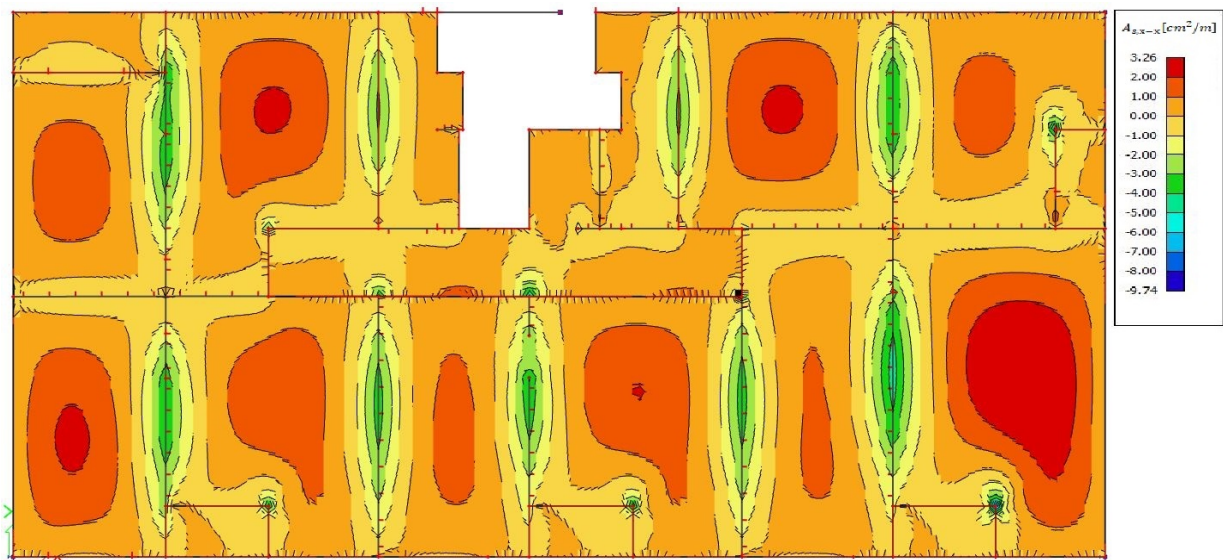
$$A_{s1,s2} = \frac{100}{0.9 \cdot 13.5 \cdot 43.48} = 0.197 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Kombinacija za izračuna armature u računalnom programu SCIA Engineer 18.1:

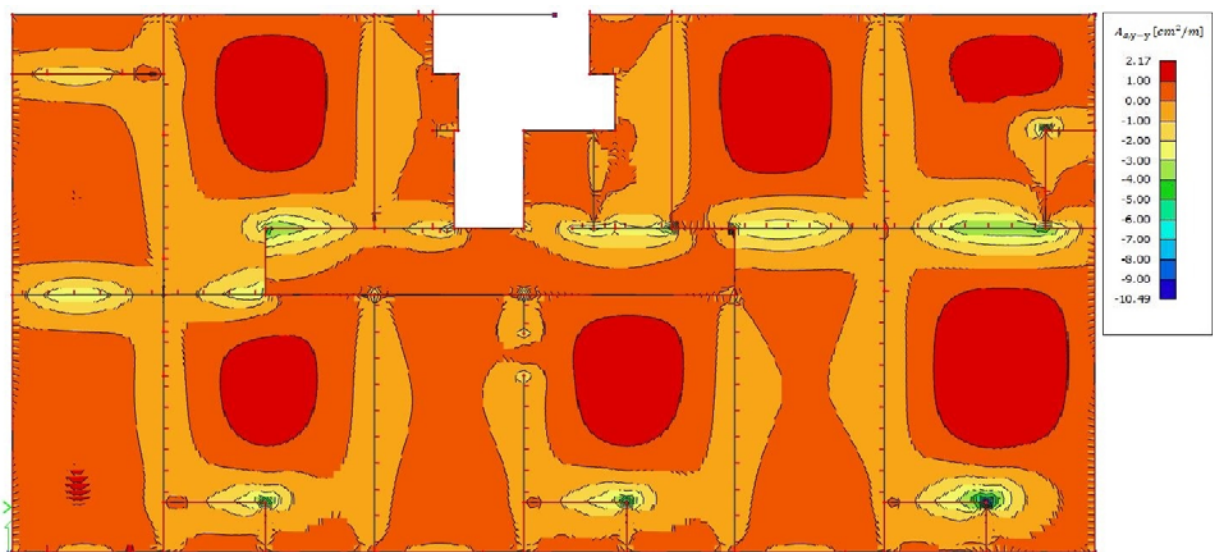
$$ARM_{16} : 1.35 \cdot 0.197 \cdot (G + \Delta G) + 1.5 \cdot 0.197 \cdot Q$$

$$ARM_{16} : 0.265 \cdot (G + \Delta G) + 0.296 \cdot Q$$

Dobivena armatura se zbog preraspodjele na ležaju umanjuje za 15% , a u polju povećava za 25%.



Slika 4.3. Armatura u ploči smjer x-x [ $\text{cm}^2/\text{m}$ ] za kombinaciju GSN



Slika 4.4. Armatura u ploči smjer y-y [ $\text{cm}^2/\text{m}$ ] za kombinaciju GSN



Odabrane mreže:

- donja zona  $Q\ 424 \rightarrow A_{s1} = 4.24\text{ cm}^2/m$

- gornja zona  $Q\ 188 \rightarrow A_{s1} = 1.88\text{ cm}^2/m$

$Q\ 385 \rightarrow A_{s1} = 3.85\text{ cm}^2/m$

$Q\ 424 \rightarrow A_{s1} = 4.24\text{ cm}^2/m$

$R\ 503 \rightarrow A_{s1} = 5.03\text{ cm}^2/m$

Računska nosivost na poprečnu silu bez poprečne armature:

$$V_{Rd,c,min} = [v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d$$

$$V_{Rd,c} = \left[ C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}} + k_1 \cdot \sigma_{cp} \right] \cdot b_w \cdot d$$

$$k = 1 + \left( \frac{200}{d} \right)^{1/2} \leq 2.0 \text{ [d u mm]}$$

$$\rho_1 = \frac{A_{s1}}{b_w \cdot d} \leq 0.02$$

$$v_{min} = 0.035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2}$$

$$C_{Rd,c} = \frac{0.18}{\gamma_c}$$

$$C_{Rd,c} = \frac{0.18}{\gamma_c} = \frac{0.18}{1.5} = 0.12 \quad ; \quad k_1 = 0.15$$

$$k = 1 + \left( \frac{200}{d} \right)^{1/2} = 1 + \left( \frac{200}{140} \right)^{1/2} = 2.195 \rightarrow k = 2.0$$

$$\rho_1 = \frac{A_{s1}}{b_w \cdot d} = \frac{4.24}{100 \cdot 13.5} = 0.00314$$

$$\begin{aligned} V_{Rd,c} &= \left[ 0.12 \cdot 2.0 \cdot (100 \cdot 0.00314 \cdot 25.0)^{\frac{1}{3}} + 0.15 \cdot 0.0 \right] \cdot 1.0 \cdot 0.135 \cdot 1000 \\ &= 64.39\text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$v_{min} = 0.035 \cdot k^{\frac{3}{2}} \cdot f_{ck}^{\frac{1}{2}} = 0.035 \cdot 2.0^{\frac{3}{2}} \cdot 25.0^{\frac{1}{2}} = 0.495$$

$$\begin{aligned} V_{Rd,c,min} &= [v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d = [0.495 + 0.15 \cdot 0.0] \cdot 1.0 \cdot 0.135 \cdot 1000 \\ &= 66.83\text{ kN/m} \end{aligned}$$

## 4.2. Proračun širine pukotina

$$W_k \leq W_g$$

Karakteristična širina pukotine:

$$W_k = S_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm})$$

$S_{r,max}$  – maksimalni razmak pukotina

$\varepsilon_{sm}$  – srednja deformacija armature pod relevantnom kombinacijom opterećenja, s uključenim efektom od prinudnih deformacija

$\varepsilon_{cm}$  – srednja deformacija betona između pukotina

$$(\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = \frac{\sigma_s - k_t \cdot \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} \cdot (1 + \alpha_e \cdot \rho_{p,eff})}{E_s} \geq 0.6 \cdot \frac{\sigma_s}{E_s}$$

$\sigma_s$  – naprezanje vlačne armature u potpuno raspucanom betonskom presjeku ( $\sigma_s \approx \frac{M_{sd}}{0.9 \cdot d \cdot A_s}$ )

$\alpha_e$  – odnos modula elastičnosti betona i čelika ( $E_s/E_c$ )

$\rho_{p,eff}$  – efektivni koeficijent armiranja vlačne zone betona ( $A_s/A_{c,eff}$ )

$f_{ct,eff}$  – srednja vrijednost vlačne čvrstoće betona u trenutku očekivane pukotine

$k_t$  – faktor trajanja opterećenja

$k_t = 0.6$  – za kratkotrajno opterećenje

$k_t = 0.4$  – za dugotrajno opterećenje

$$S_{r,max} = k_3 \cdot c + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \frac{\emptyset}{\rho_{p,eff}}$$

$\emptyset$  – promjer šipke

$c$  – zaštitni sloj betona

$k_1$  – faktor prionjivosti šipke i betona

$k_1 = 0.8$  – za rebrastu armaturu

$k_2$  – faktor razdiobe deformacija po presjeku

$k_2 = 0.5$  – za savijanje

$k_3 = 3.4$

$k_4 = 0.425$

- Granična širina pukotine:  $W_g = 0.3 \text{ mm}$

#### 4.2.1. Proračun širine pukotina za ploče

$$M_{Ed} = 15.56 \text{ kNm}$$

$$\text{Odabrana Q424} \rightarrow A_s = 4.24 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\sigma_s = \frac{M_{Ed} \cdot 100}{0.9 \cdot d \cdot A_s} = \frac{15.56 \cdot 100}{0.9 \cdot 13.5 \cdot 4.24} = 30.20 \text{ kNm/cm}^2$$

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_c} = \frac{200}{31.5} = 6.35$$

$$A_{c,eff} = b_w \cdot a \cdot 2.5 = 100 \cdot 2 \cdot 2.5 = 500.0 \text{ cm}^2$$

$$\rho_{\rho,eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}} = \frac{4.24}{500.0} = 0.00848$$

$$(\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = \frac{\sigma_s - k_t \cdot \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{\rho,eff}} \cdot (1 + \alpha_e \cdot \rho_{\rho,eff})}{E_s} \geq 0.6 \cdot \frac{\sigma_s}{E_s}$$

$$\frac{30.20 - 0.4 \cdot \frac{2.6}{0.00848} \cdot (1 + 6.35 \cdot 0.00848)}{200000.0} \geq 0.6 \cdot \frac{30.20}{200000.0}$$

$$-0.000495 \geq 0.00009$$

$$S_{r,max} = k_3 \cdot c + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \frac{\phi}{\rho_{\rho,eff}} = 3.4 \cdot 3.0 + 0.8 \cdot 0.5 \cdot 0.425 \cdot \frac{9}{0.00848} = 190.62 \text{ mm}$$

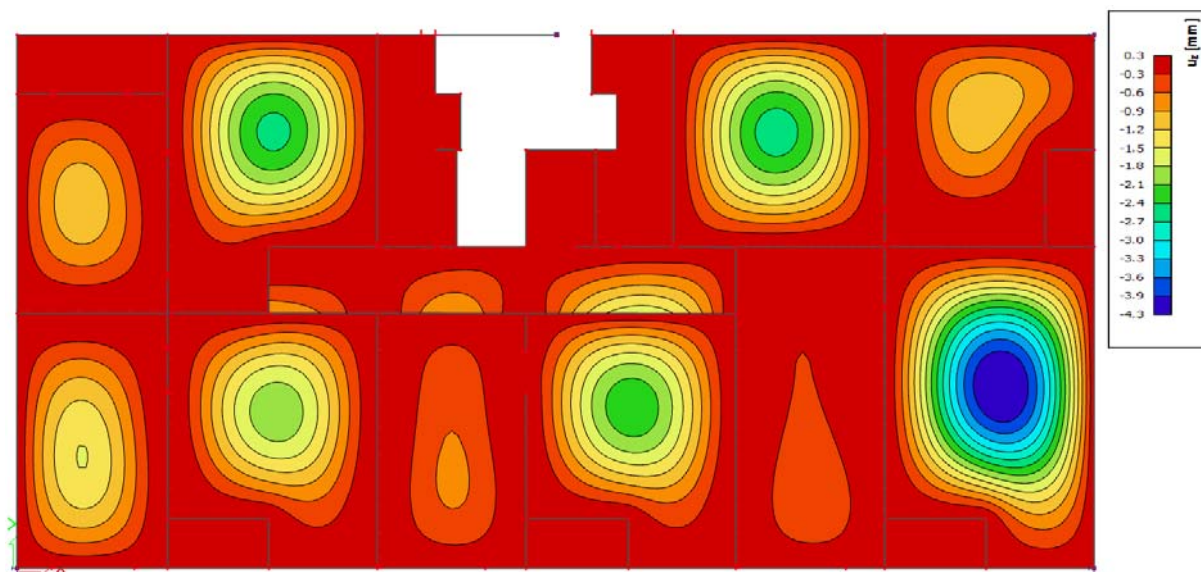
$$W_k = S_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = 190.62 \cdot 0.00009 = 0.017 \text{ mm} \leq 0.3 \text{ mm}$$

Proračun pukotina zadovoljava !

#### 4.2.2. Proračun progiba ploče

Kombinacija za izračuna progiba ploče u programu SCIA Engineer 18.1:

$$GSN : 1,35 \cdot (G + \Delta G) + 1,5 \cdot Q$$



Slika 4.5. Progib u ploči  $u_z$  [mm] za kombinaciju GSN

Maksimalni progib iznosi 4.3 mm dok je dopušteni progib:

$$\delta_{Ei} \leq \frac{L}{1250}$$

$$\delta_{Ei} \leq \frac{9275}{1250}$$

$$\delta_{Ei} \leq 7.42 \text{ mm}$$

$$4.3 \text{ mm} \leq 7.42 \text{ mm}$$

Proračun progiba zadovoljava !

### 4.3. Proračun potrebne armature za armirano-betonske serklaže

Proračun je rađen pomoću modela u računalnom programu SCIA Engineer 18.1.

Serklaži su napravljeni od betona klase C25/30 i armirana čelikom za armiranje B500B, dimenzija 25.0 x 25.0 cm. Zid je zidan s blok opekom dimenzija 37.5 x 25.0 x 24.9 cm.

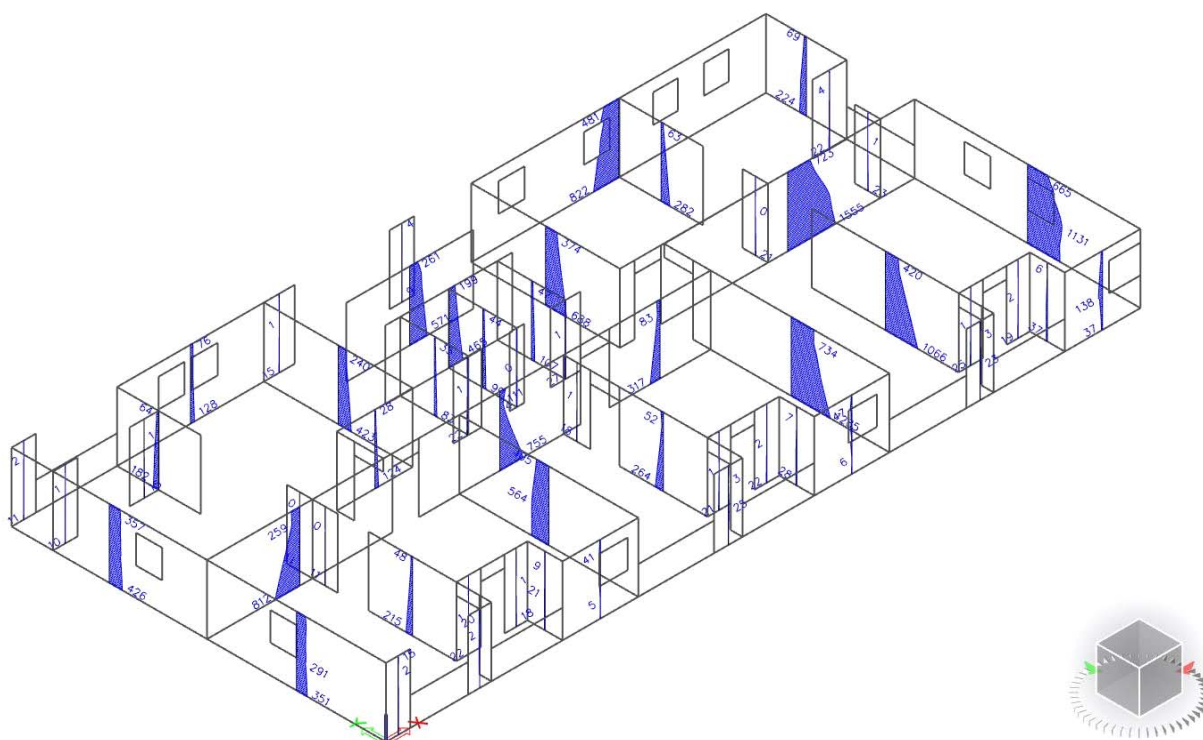
#### 4.3.1. Prikaz rezultata

Kombinacije izračuna unutarnjih sila u zidovima programom SCIA Engineer 18.1:

$$S^x = K_{Sx+} + K_{Sx-}$$

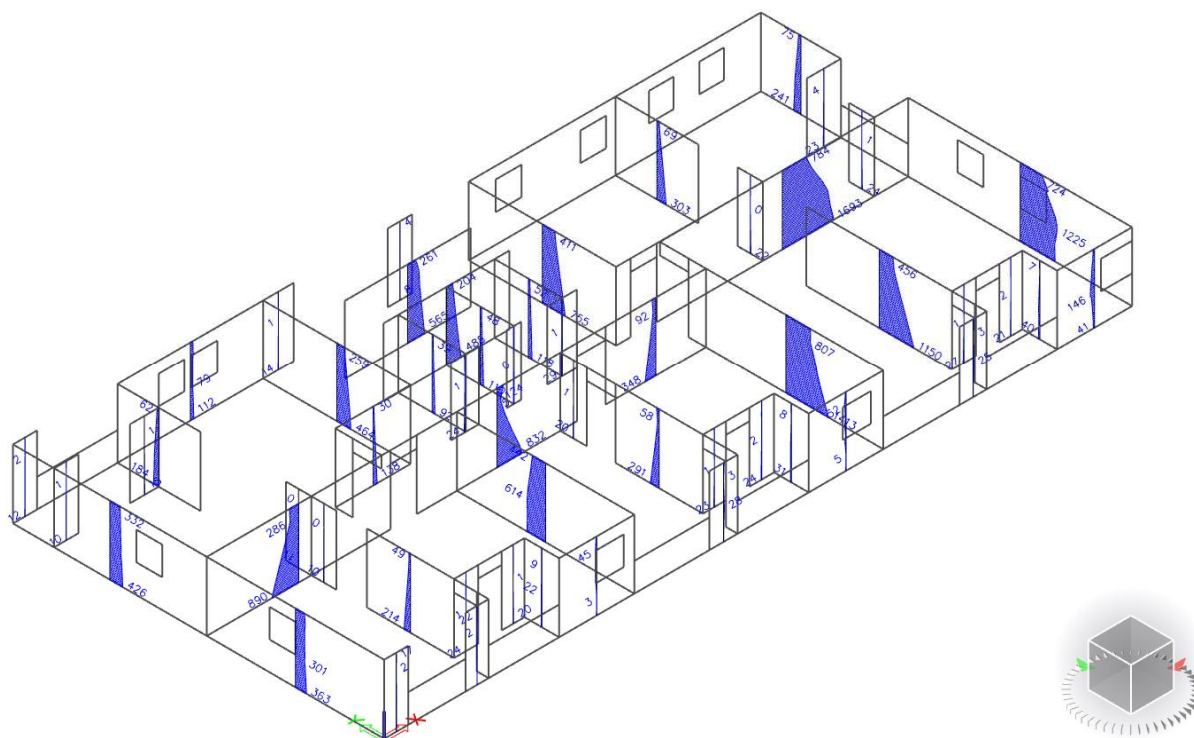
$$S^y = K_{Sy+} + K_{Sy-}$$

Pošto opcija Integration strip nije funkcionirala u studentskoj verziji SCIA Engineer 18.1 prikazani su rezultati za pojedine komponente djelovanja.

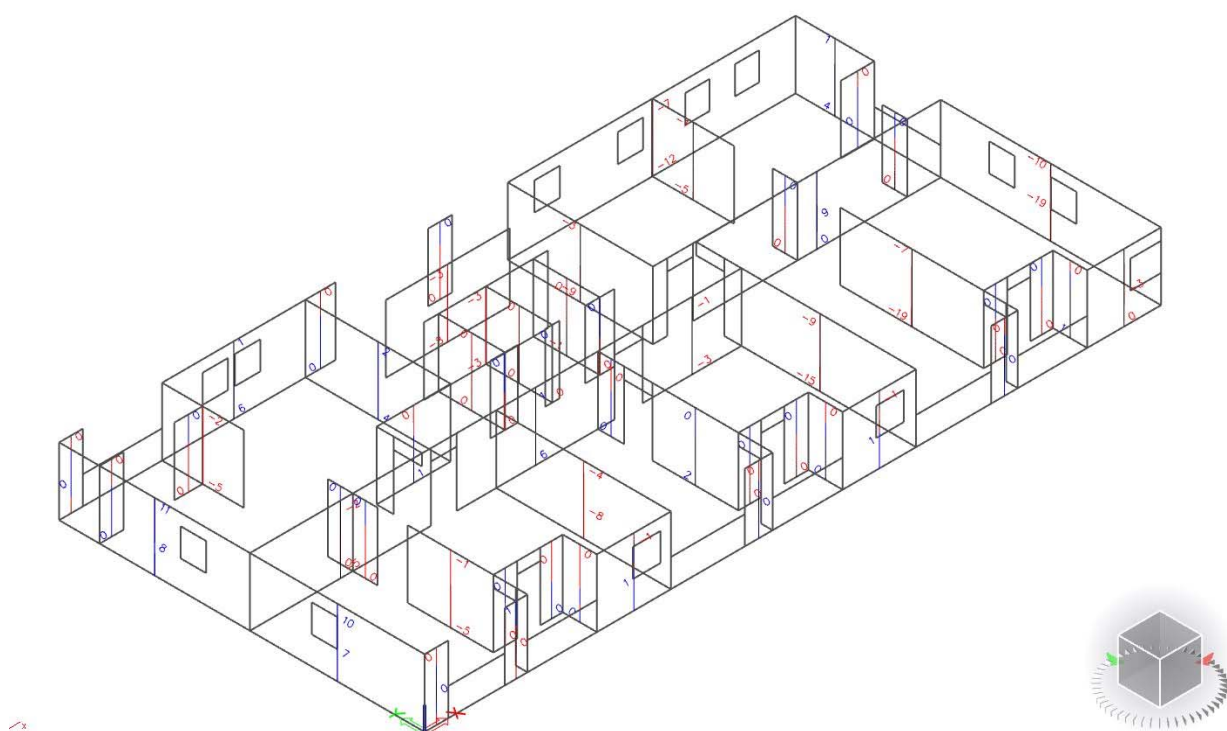


Slika 4.6.

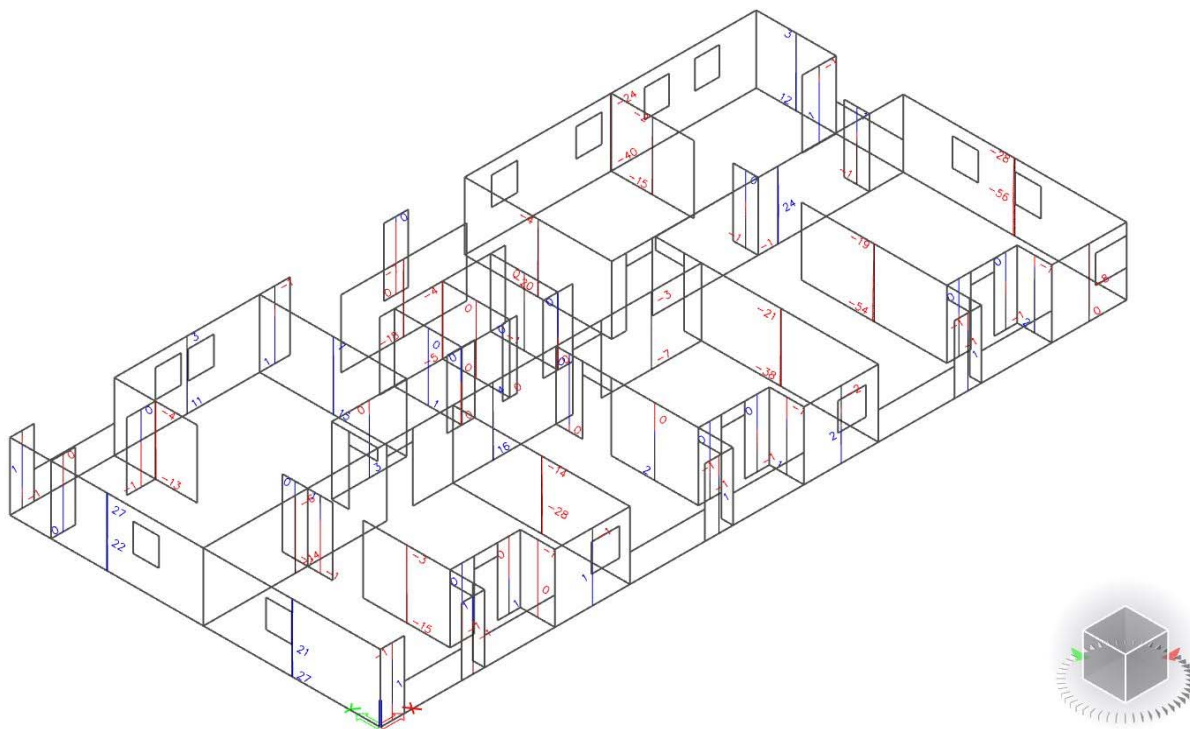
Dijagram momenata  $M_{Ed}$  [kNm] za opterećenje  $S_x$



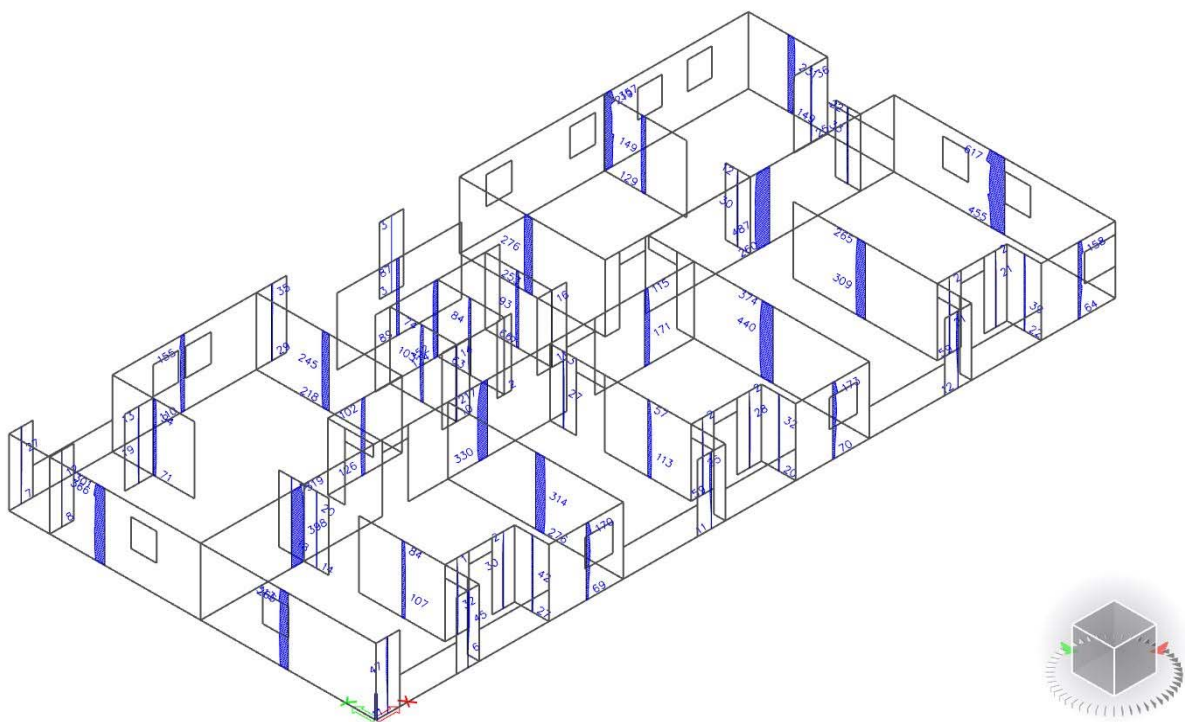
Slika 4.7. Dijagram momenata  $M_{Ed}$  [kNm] za opterećenje  $S_y$



Slika 4.8. Dijagram momenata  $M_{Ed}$  [kNm] za opterećenje  $T_x$



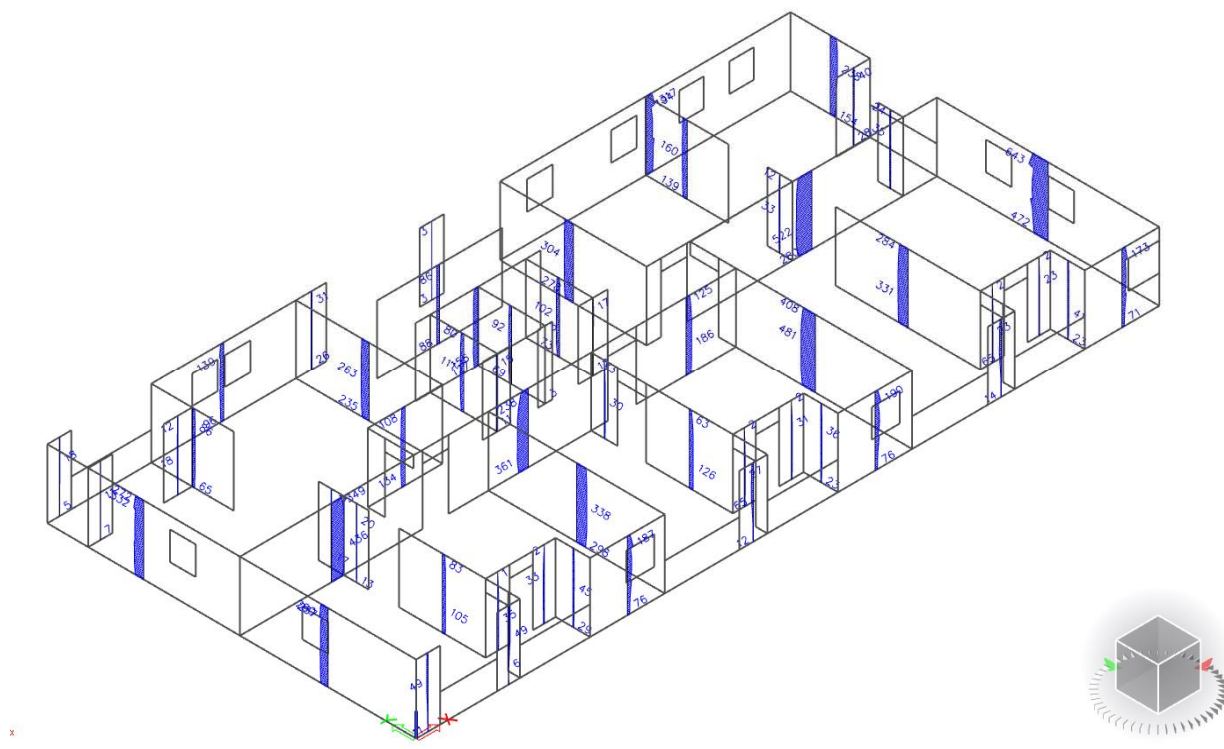
Slika 4.9.

Dijagram momenata  $M_{Ed}$  [kNm] za opterećenje Ty

Slika 4.10.

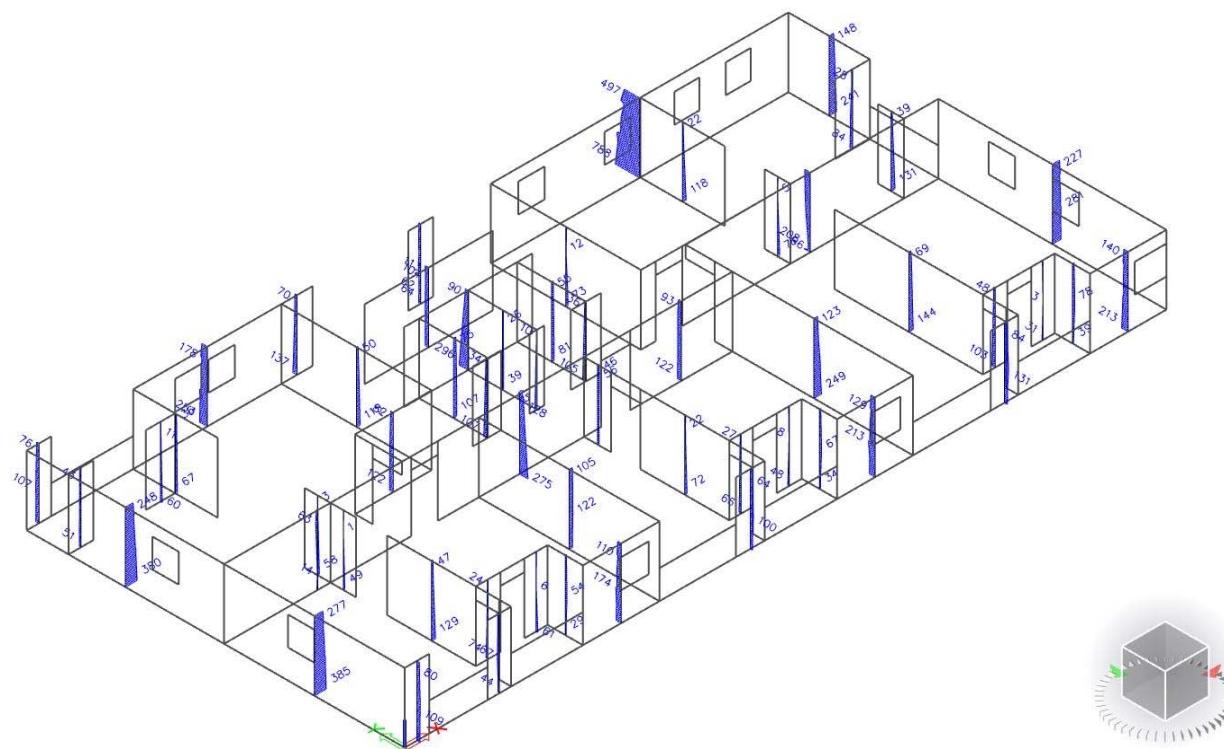
Dijagram poprečnih sila  $V_{Ed}$  [kN] za opterećenje Sx





Slika 4.11.

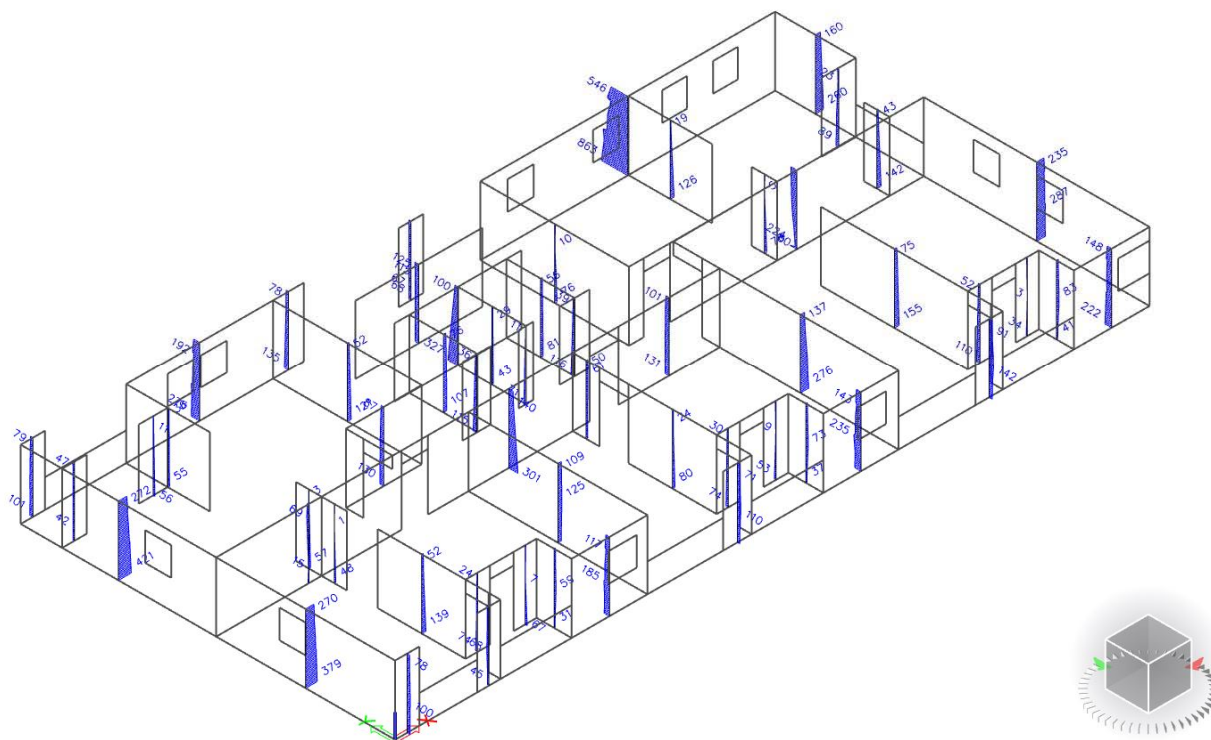
Dijagram poprečnih sila  $V_{Ed}$  [kN] za opterećenje  $S_y$



Slika 4.12.

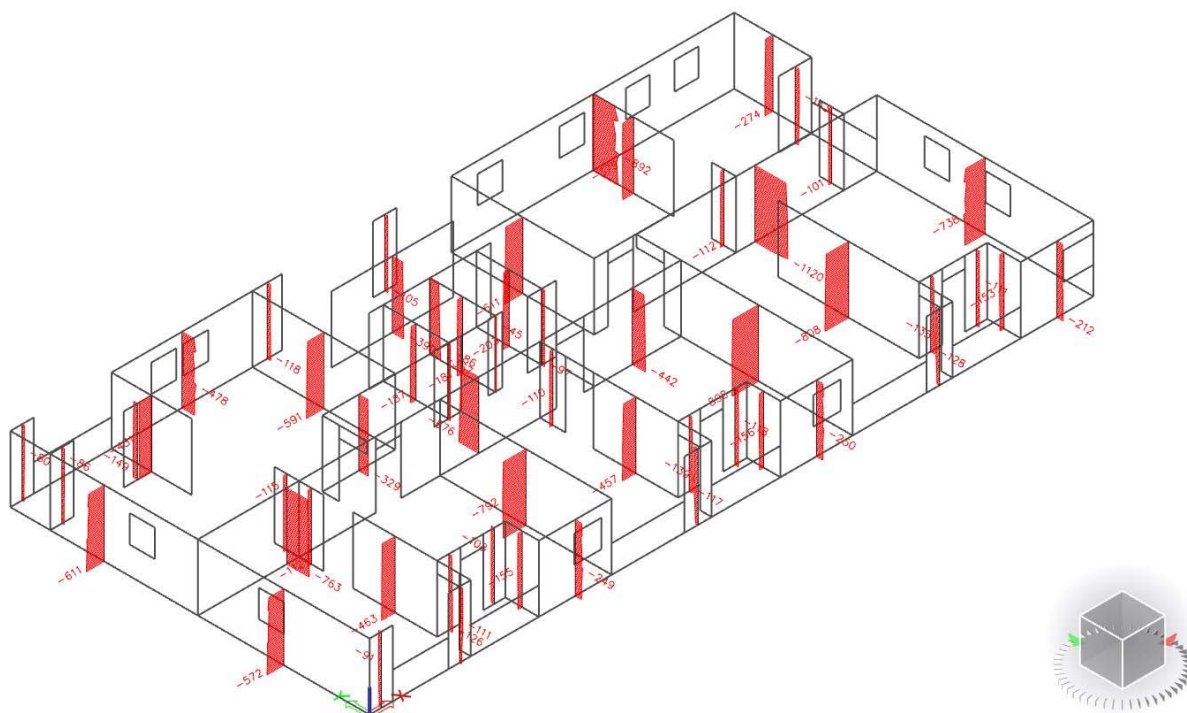
Dijagram uzdužnih sila  $N_{Ed}$  [kN] za opterećenje  $S_x$





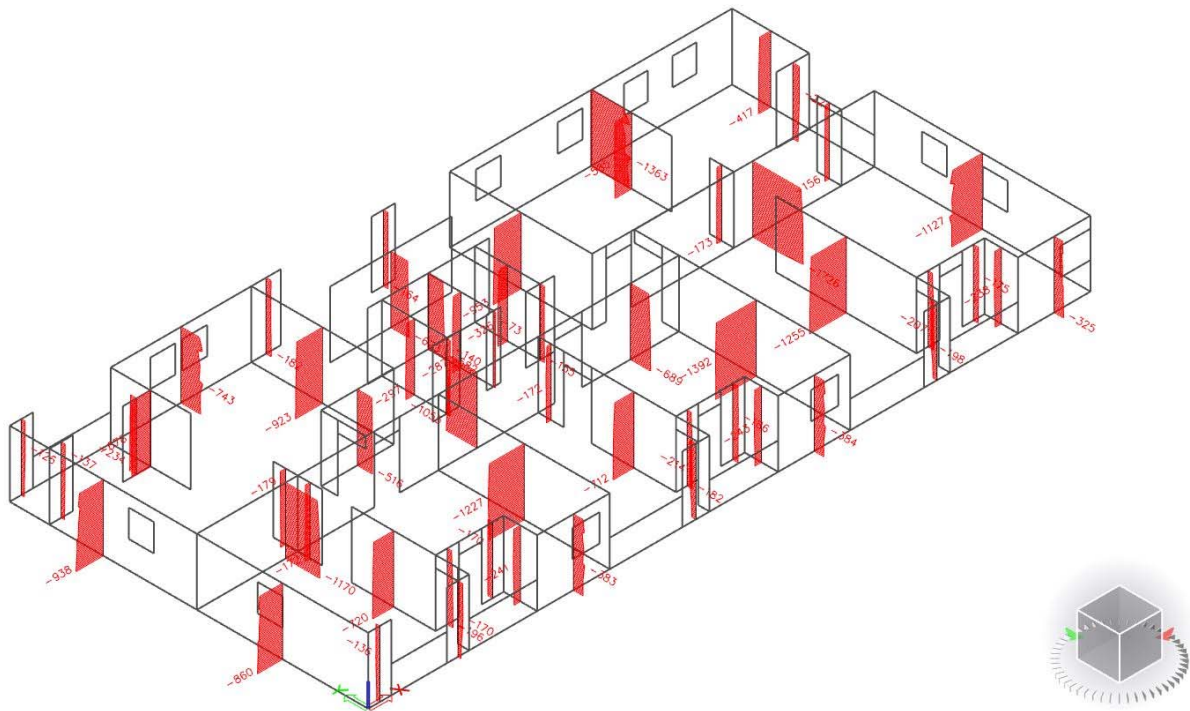
Slika 4.13.

Dijagram uzdužnih sila  $N_{Ed}$  [kN] za opterećenje  $S_y$



Slika 4.14.

Dijagram uzdužnih sila  $N_{Ed}$  [kN] za kombinaciju :  $1.0 \cdot (G + \Delta G) + 0.3 \cdot Q$



Slika 4.15.

Dijagram uzdužnih sila  $N_{Ed}$  [kN] za kombinaciju :  $1,35 \cdot (G + \Delta G) + 1,5 \cdot Q$

Vrijednosti koje su korištene za daljnji proračun:

- Iz potresnih kombinacija  $K_{Sx+}$ ,  $K_{Sx-}$ ,  $K_{Sy+}$  i  $K_{Sy-}$  su uzete vrijednosti momenata, uzdužnog i poprečnog naprezanja u zidovima
- Iz kombinacija  $1,35 \cdot (G + \Delta G) + 1,5 \cdot Q$  i  $1,0 \cdot (G + \Delta G) + 0,3 \cdot Q$  su uzete vrijednosti uzdužnih sila na zidove
- S obzirom na mali doprinos momenata iz proračuna torzije, vrijednosti iz kombinacije  $T_x$  i  $T_y$  nisu korištene u daljnjem proračunu

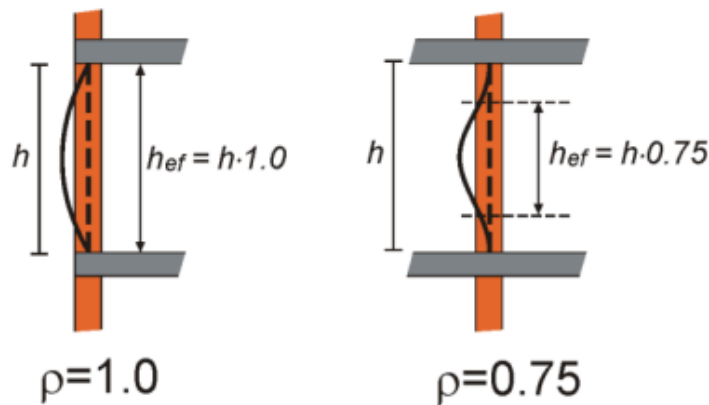
#### 4.3.2. Proračun mehaničke otpornosti zida na vertikalna djelovanja (EN 1996-3)

Podatci za proračun zidova:

- Srednja tlačna čvrstoća bloka:  $f_{ck,sred} = 10.0 \text{ MPa}$
- Normalizirana tlačna čvrstoća bloka:  $f_b = f_{ck,sred} \cdot \delta = 10.0 \cdot 1.15 = 11.5 \text{ MPa}$
- Grupa zidnih blokova: 2A (K=0.55)
- Mort:  $f_m = 10.0 \text{ MPa}$
- Tlačna čvrstoća zida  $f_k = 5.50 \text{ MPa}$
- Parcijalni koeficijenti sigurnosti za:
- Zide:  $\gamma_M = 2.2$
- Beton:  $\gamma_C = 1.5$
- Čelik:  $\gamma_S = 1.15$
- Faktor smanjenja za vitkosti i ekscentričnost:

$$\phi_S = 0.85 - 0.0011 \cdot \left( \frac{h_{ef}}{t_{ef}} \right)^2 - \text{unutarnji zidovi}$$

$$\phi_S = 1.3 - \frac{t_{ef}}{8} \leq 0.85 - \text{vanjski zidovi}$$



Slika 4.16.

Efektivna visina zida

$$\phi_{S,u} = 0.85 - 0.0011 \cdot \left( \frac{h_{ef}}{t_{ef}} \right)^2 = 0.85 - 0.0011 \cdot \left( \frac{2.73}{0.25} \right)^2 = 0.72$$

$$\phi_{S,v} = 1.3 - \frac{t_{ef}}{8} \leq 0.85 \rightarrow \phi_{S,v} = 1.3 - \frac{0.25}{8} \leq 0.85 \rightarrow \phi_{S,v} = 1.27 \leq 0.85$$

Neto površina zida:

$$A_i = t \cdot (L - o)$$

U proračunu zidova na vertikalna dokazuje se da je:

$$N_{Ed} < N_{Rd}$$

Računsko vertikalno djelovanje:

$$N_{Ed} = 1.35 (G + \Delta G) + 1.5 \cdot Q \quad [kN]$$

Računska nosivost:

$$N_{Rd} = F \cdot f_d \cdot A \quad [kN]$$

U nastavku je prikaz proračuna u tabličnom obliku :

zid	dimenzije zida i otvora				računsko vert.djel. $N_{Ed}$ [kN]	koef. vitkosti $\phi$	računska nosivost $N_{Rd}$ [kN]	$N_{sd}/N_{Rd}$ [%]
	debljina zida t [m]	duljina zida L [m]	duljina otvora o [m]	netto pov. zida Ai [m <sup>2</sup> ]				
	t [m]	L [m]	o [m]	Ai [m <sup>2</sup> ]				
ZxA / 1-1'	0,25	1,02	0,00	0,26	126,0	0,85	596,1	21
ZxA / 2-4	0,25	6,20	2,20	1,00	743,0	0,85	2337,5	32
ZxA / 4-4'	0,25	1,30	0,00	0,33	182,0	0,85	759,7	24
ZxA / 6'-7'	0,25	0,90	0,00	0,23	164,0	0,85	525,9	31
ZxA / 9-14	0,25	12,44	4,40	2,01	1363,0	0,85	4698,4	29
ZxB / 1-1'	0,25	1,02	0,00	0,26	137,0	0,72	504,9	27
ZxB / 1'-2	0,25	1,22	0,00	0,31	234,0	0,72	603,9	39
ZxB / 4'-8'	0,25	5,35	0,00	1,34	623,0	0,72	2648,3	24
ZxC / 4'-8'	0,25	5,35	0,00	1,34	582,0	0,72	2648,3	22
ZxC / 13-14	0,25	1,45	0,00	0,36	223,0	0,72	717,8	31
ZxD / 3-4	0,25	3,20	0,00	0,80	516,0	0,72	1584,0	33
ZxD / 4'-5'	0,25	1,19	0,00	0,30	140,0	0,72	589,1	24
ZxD / 6'-8'	0,25	1,26	0,00	0,32	155,0	0,72	623,7	25
ZxD / 10-14	0,25	10,59	0,00	2,65	1726,0	0,72	5242,1	33
ZxE / 1-3'	0,25	7,82	0,00	1,96	1170,0	0,72	3870,9	30
ZxE / 3'-6'	0,25	6,83	0,00	1,71	1055,0	0,72	3380,9	31
ZxE / 7-10	0,25	4,15	0,00	1,04	689,0	0,72	2054,3	34
ZxF / 2-2'	0,25	1,03	0,00	0,26	196,0	0,72	509,9	38
ZxF / 2'-3	0,25	0,97	0,00	0,24	170,0	0,72	480,2	35
ZxF / 6-6'	0,25	0,98	0,00	0,25	182,0	0,72	485,1	38
ZxF / 7-8	0,25	1,05	0,00	0,26	186,0	0,72	519,8	36
ZxF / 11-11'	0,25	1,02	0,00	0,26	198,0	0,72	504,9	39
ZxF / 11'-12	0,25	0,98	0,00	0,25	175,0	0,72	485,1	36
ZxG / 1-1'	0,25	1,02	0,00	0,26	136,0	0,85	596,1	23
ZxG / 1'-2	0,25	0,98	0,00	0,25	170,0	0,85	572,7	30
ZxG / 3-4	0,25	3,20	1,20	0,50	383,0	0,85	1168,8	33
ZxG / 5'-6	0,25	1,20	0,00	0,30	214,0	0,85	701,3	31
ZxG / 8-9	0,25	3,20	1,20	0,50	384,0	0,85	1168,8	33
ZxG / 10'-11	0,25	1,15	0,00	0,29	207,0	0,85	672,0	31
ZxG / 12-14	0,25	3,20	1,20	0,50	325,0	0,85	1168,8	28

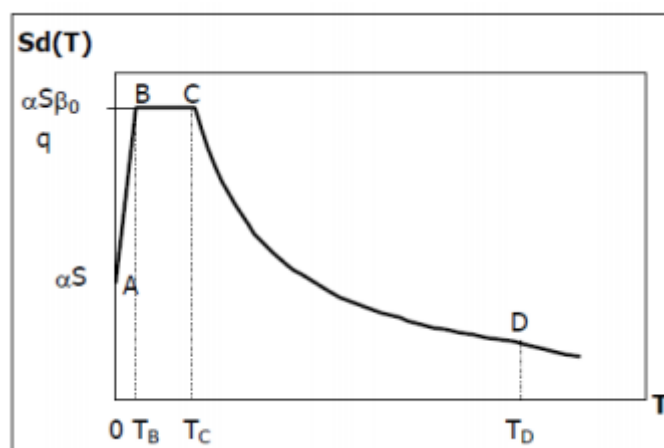
Tablica 4.16. Zidovi u smjeru x

zid	dimenzije zida i otvora				računsko vert.djel. $N_{Ed}$ [kN]	koef. vitkosti $\Phi$	računska nosivost $N_{Rd}$ [kN]	$N_{Ed}/N_{Rd}$ [%]
	debljina zida t [m]	duljina zida L [m]	duljina otvora o [m]	netto pov. zida Ai [m <sup>2</sup> ]				
Zy1 / A-E	0,25	8,25	1,10	1,79	938,0	0,85	4178,3	22
Zy1 / E-G	0,25	7,55	1,10	1,61	860,0	0,85	3769,2	23
Zy2 / A-C	0,25	3,40	0,00	0,85	678,0	0,72	1683,0	40
Zy2 / D-E	0,25	1,08	0,00	0,27	197,0	0,72	534,6	37
Zy2 / E-E'	0,25	1,07	0,00	0,27	172,0	0,72	529,7	32
Zy2 / E'-F	0,25	3,70	0,00	0,93	720,0	0,72	1831,5	39
Zy3 / F-G	0,25	1,48	0,00	0,37	241,0	0,72	732,6	33
Zy4 / A-D	0,25	6,27	0,00	1,57	923,0	0,72	3103,7	30
Zy4 / E-G	0,25	7,55	0,00	1,89	1227,0	0,72	3737,3	33
Zy5 / C-D	0,25	2,87	0,00	0,72	297,0	0,72	1420,7	21
Zy6 / C-D	0,25	2,87	0,00	0,72	287,0	0,72	1420,7	20
Zy6 / E-E'	0,25	1,13	0,00	0,28	172,0	0,72	559,4	31
Zy6 / E'-F	0,25	3,73	0,00	0,93	712,0	0,72	1846,4	39
Zy7 / C-D	0,25	2,87	0,00	0,72	326,0	0,72	1420,7	23
Zy8 / F-G	0,25	1,48	0,00	0,37	243,0	0,72	732,6	33
Zy9 / A-D	0,25	6,27	0,00	1,57	953,0	0,72	3103,7	31
Zy10 / E-G	0,25	8,29	0,00	2,07	1392,0	0,72	4103,6	34
Zy11 / A-C	0,25	3,40	0,00	0,85	585,0	0,72	1683,0	35
Zy11 / C'-D	0,25	1,07	0,00	0,27	173,0	0,72	529,7	33
Zy11 / E-F	0,25	7,55	0,00	1,89	1255,0	0,72	3737,3	34
Zy12 / F-G	0,25	1,48	0,00	0,37	238,0	0,72	732,6	32
Zy13 / C'-D	0,25	1,07	0,00	0,27	156,0	0,72	529,7	29
Zy14 / A-C	0,25	3,40	0,00	0,85	417,0	0,85	1986,9	21
Zy14 / D-G	0,25	9,55	2,20	1,84	1127,0	0,85	4295,2	26

Tablica 4.17. Zidovi u smjeru y

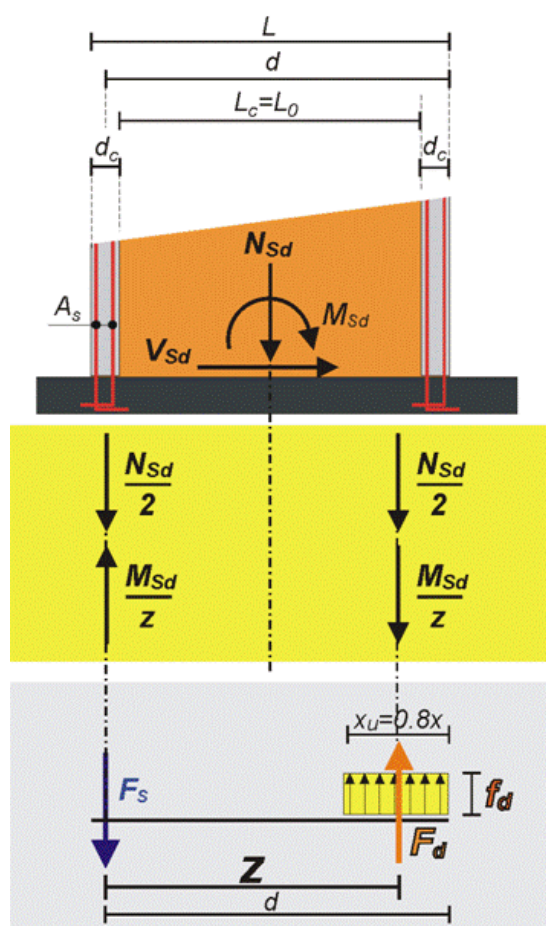
#### 4.3.3. Proračun zidova na potresno djelovanje

- Koeficijent ubrzanja:  $a_g = 0.22$
- Projektno ubrzanje:  $a_g = 2.158 \text{ m/s}^2$
- Faktor ponašanje:  $q = 2.50$
- Beta:  $\beta = 0.20$
- Kategorija tla: B
- Tip spektra: tip 1
- Faktor tla:  $S=1.2$
- Period oscilacije sustava s jednim stupnjem slobode:
- $T_b = 0.15$
- $T_c = 0.50$
- $T_d = 2.00$
- Broj katova:  $n = 4$
- Visina kata:  $h = 2.80$



Slika 4.17.

Računski spektar odgovora



Slika 4.18.

Raspodjela potresnih sila

Neto površina zida:

$$A_i = t \cdot (L - o)$$

Uzdužna sila od potresa -  $N_p$  ; uzdužna sila od kombinacije opterećenja -  $N_{1,0 \cdot (G + \Delta G) + 0,3 \cdot Q}$

Računska vertikalna sila:

$$N_{Sd} = N_p + N_{1,0 \cdot (G + \Delta G) + 0,3 \cdot Q} \quad [kN]$$

Statička visina:

$$d = L - \frac{t}{2} \quad [m]$$

Krak unutarnjih sila:

$$z = d \cdot 0,8 \quad [m]$$

Duljina tlačne zone:

$$x_u = 2 \cdot (d - z) = 2 \cdot (d - d \cdot 0,8) = 0,4 d \quad [m]$$

U proračunu zidova na potres dokazuje se:

$$(1) \quad V_{Ed} < V_{Rd}$$

Računska nosivost:

$$V_{Rd} = \frac{f_{vk} \cdot L \cdot t}{\gamma_m} \quad [kN]$$

$$(2) \quad F_{Ed} < F_{Rd}$$

Računsko djelovanje:

$$F_{Ed} = \frac{M_{Ed,p}}{z} + \frac{N_{Ed}}{2} \quad [kN]$$

Računska nosivost:

$$F_{Rd} = x_u \cdot t \cdot f_k \cdot 1000 \quad [kN]$$

Potrebna armatura:

$$A_s = \frac{\frac{M_{Sd}}{z} - \frac{N_{Sd}}{2}}{\frac{f_s}{\gamma_s}}$$



$f_b =$	10,0 MPa	= tlačna čvrstoća bloka	$f_k =$	5,50 MPa	= tlačna čvrstoća zida
$f_m =$	10,0 MPa	= tlačna čvrstoća morta	$f_{vk} =$	0,75 MPa	= posmična čvrstoća zida
$K =$	0,55	= koeficijent ovisan o grupi zidnih blokova	$E =$	5500,0 MPa	= modul elastičnosti
$f_{vk0} =$	0,3	= osnovna posmična čvrstoća	$G =$	916,7 MPa	= modul posmika
$\sigma_d =$	1,5	= proračunsko tlačno naprezanje			
$\gamma_M =$	2,00	= parcijalni faktor sigurnosti za zide			
$\gamma_s =$	1,50	= parcijalni faktor sigurnosti za armaturu			

Zid	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
	debljina zida	duljina zida	površina zida	$\Sigma$ duljina otvora	visina zida	moment od potresa	poprečna sila od pot.	uzdužna sila od potresa	uzdužna sila od kombinacije	računska vert. sila	statička visina	krak unut. sila	računsko djelovanje	duljina tlačne zone	računska nosivost	računska nosivost	$V_{Sd}/V_{Rd}$	$F_{Sd}/F_{Rd}$	Armat. As
	t [m]	L [m]	A [m <sup>2</sup> ]	Li [m]	H [m]	M <sub>Sd</sub> [kNm]	V <sub>Sd</sub> [kN]	N <sub>P</sub> [kN]	N <sub>1,0(G+ΔG)+0,3Q</sub> [kN]	N <sub>Sd</sub> [kN]	d [m]	z [m]	F <sub>Sd,i</sub> [kN]	xu [m]	V <sub>Rd</sub> [kN]	F <sub>m,Rd</sub> [kN]	[%]	[%]	[cm <sup>2</sup> ]
ZxA / 1-1'	0,25	1,02	0,26	0,00	2,90	11,63	27,14	106,23	-80,16	26,07	0,90	0,72	29,28	0,36	95,63	492,25	28,38	5,95	0,07
ZxA / 2-4	0,25	6,20	1,55	2,20	2,90	128,11	154,72	274,64	-478,35	131,14	6,08	4,86	91,93	2,43	581,25	3341,25	26,62	2,75	-0,90
ZxA / 4-4'	0,25	1,30	0,33	0,00	2,90	15,36	34,52	137,32	-117,57	102,05	1,18	0,94	67,36	0,47	121,88	646,25	28,32	10,42	-0,80
ZxA / 6'-7'	0,25	0,90	0,23	0,00	2,90	8,69	2,89	68,22	-105,04	36,71	0,78	0,62	32,37	0,31	84,38	426,25	3,43	7,59	-0,10
ZxA / 9-14	0,25	12,44	3,11	4,40	2,90	906,12	357,26	862,65	-892,24	594,98	12,32	9,85	389,46	4,93	1166,25	6773,25	30,63	5,75	-4,72
ZxB / 1-1'	0,25	1,02	0,26	0,00	2,90	10,09	12,23	51,01	-86,17	25,16	0,90	0,72	26,67	0,36	95,63	492,25	12,79	5,42	0,03
ZxB / 1'-2	0,25	1,22	0,31	0,00	2,90	15,34	19,13	51,01	-149,44	6,18	1,10	0,88	20,60	0,44	114,38	602,25	16,73	3,42	0,33
ZxB / 4'-8'	0,25	5,35	1,34	0,00	2,90	564,76	89,40	125,38	-389,88	8,42	5,23	4,18	139,32	2,09	501,56	2873,75	17,82	4,85	3,01
ZxC / 4'-8'	0,25	5,35	1,34	0,00	2,90	487,55	156,19	327,37	-367,11	217,24	5,23	4,18	225,26	2,09	501,56	2873,75	31,14	7,84	0,18
ZxC / 13-14	0,25	1,45	0,36	0,00	2,90	22,97	39,55	89,06	-143,10	46,13	1,33	1,06	44,73	0,53	135,94	728,75	29,09	6,14	-0,03
ZxD / 3-4	0,25	3,20	0,80	0,00	2,90	138,07	133,53	130,39	-329,11	31,66	3,08	2,46	71,95	1,23	300,00	1691,25	44,51	4,25	0,93
ZxD / 4'-5'	0,25	1,19	0,30	0,00	2,90	24,15	14,96	115,25	-86,02	89,44	1,07	0,85	73,07	0,43	111,56	585,75	13,41	12,47	-0,38
ZxD / 6'-8'	0,25	1,26	0,32	0,00	2,90	29,12	17,34	115,83	-44,71	102,42	1,14	0,91	83,28	0,45	118,13	624,25	14,68	13,34	-0,44
ZxD / 10-14	0,25	10,59	2,65	0,00	2,90	1692,90	521,96	223,65	-1119,60	-112,23	10,47	8,37	146,09	4,19	992,81	5755,75	52,57	2,54	5,94
ZxE / 1-3'	0,25	7,82	1,96	0,00	2,90	890,04	435,62	62,69	-763,26	-166,29	7,70	6,16	61,44	3,08	733,13	4232,25	59,42	1,45	5,24
ZxE / 3'-6'	0,25	6,83	1,71	0,00	2,90	831,85	360,90	300,89	-676,34	97,99	6,71	5,36	204,07	2,68	640,31	3687,75	56,36	5,53	2,44
ZxE / 7-10	0,25	4,15	1,04	0,00	2,90	248,45	186,07	131,46	-441,50	-0,99	4,03	3,22	76,66	1,61	389,06	2213,75	47,83	3,46	1,79
ZxF / 2-2'	0,25	1,03	0,26	0,00	2,90	24,25	35,31	74,05	-126,47	36,11	0,91	0,72	51,55	0,36	96,56	497,75	36,57	10,36	0,35
ZxF / 2'-3	0,25	0,97	0,24	0,00	2,90	20,06	32,88	66,62	-108,17	34,17	0,85	0,68	46,76	0,34	90,94	464,75	36,16	10,06	0,29
ZxF / 6-6'	0,25	0,98	0,25	0,00	2,90	23,09	27,47	73,85	-117,03	38,74	0,86	0,68	53,13	0,34	91,88	470,25	29,90	11,30	0,33
ZxF / 7-8	0,25	1,05	0,26	0,00	2,90	24,12	31,48	52,89	-118,10	17,46	0,93	0,74	41,32	0,37	98,44	508,75	31,98	8,12	0,55
ZxF / 11-11'	0,25	1,02	0,26	0,00	2,90	27,01	23,21	110,44	-127,65	72,15	0,90	0,72	73,80	0,36	95,63	492,25	24,27	14,99	0,04
ZxF / 11'-12	0,25	0,98	0,25	0,00	2,90	20,73	22,96	34,22	-111,02	0,91	0,86	0,68	30,76	0,34	91,88	470,25	24,99	6,54	0,69
ZxG / 1-1'	0,25	1,02	0,26	0,00	2,90	16,54	49,36	108,46	-90,92	81,18	0,90	0,72	63,69	0,36	95,63	492,25	51,62	12,94	-0,40
ZxG / 1'-2	0,25	0,98	0,25	0,00	2,90	22,28	49,25	68,05	-110,70	34,84	0,86	0,68	49,99	0,34	91,88	470,25	53,61	10,63	0,35
ZxG / 3-4	0,25	3,20	0,80	1,20	2,90	44,74	186,75	185,32	-248,74	110,70	3,08	2,46	73,54	1,23	300,00	1691,25	62,25	4,35	-0,85
ZxG / 5'-6	0,25	1,20	0,30	0,00	2,90	27,87	65,14	109,65	-138,71	68,04	1,08	0,86	66,43	0,43	112,50	591,25	57,90	11,23	-0,04
ZxG / 8-9	0,25	3,20	0,80	1,20	2,90	52,41	190,36	235,07	-249,58	160,20	3,08	2,46	101,40	1,23	300,00	1691,25	63,45	6,00	-1,35
ZxG / 10'-11	0,25	1,15	0,29	0,00	2,90	25,45	65,06	141,85	-134,59	101,47	1,03	0,82	81,77	0,41	107,81	563,75	60,35	14,51	-0,45
ZxG / 12-14	0,25	3,20	0,80	1,20	2,90	146,47	173,19	222,29	-212,23	158,62	3,08	2,46	138,85	1,23	300,00	1691,25	57,73	8,21	-0,45

Tablica 4.19. Zidovi u smjeru x



$f_b =$	10,0 MPa	= tlačna čvrstoća bloka	$f_k =$	5,50 MPa	= tlačna čvrstoća zida
$f_m =$	10,0 MPa	= tlačna čvrstoća morta	$f_{vk} =$	0,75 MPa	= posmična čvrstoća zida
$K =$	0,55	= koeficijent ovisan o grupi zidnih blokova	$E =$	5500,0 MPa	= modul elastičnosti
$f_{vk0} =$	0,3	= osnovna posmična čvrstoća	$G =$	916,7 MPa	= modul posmika
$\sigma_d =$	1,5	= proračunsko tlačno naprezanje			
$\gamma_M =$	2,00	= parcijalni faktor sigurnosti za zide			
$\gamma_s =$	1,50	= parcijalni faktor sigurnosti za armaturu			

Zid	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
	debljina zida	duljina zida	površina zida	$\Sigma$ duljina otvora	visina zida	moment od potresa	poprečna sila od pot.	uzdužna sila od potresa	uzdužna sila od kombinacije	računska vert. Sila	statička visina	krak unut. sila	računsko djelovanje	duljina tlačne zone	računska nosivost	računska nosivost	$V_{sd}/V_{Rd}$	$F_{sd}/F_{Rd}$	Armat. As
	t [m]	L [m]	A [m²]	Li [m]	H [m]	M <sub>Ed</sub> [kNm]	V <sub>Ed</sub> [kN]	N <sub>p</sub> [kN]	N <sub>1,0-(G+ΔG)+0,3-Q</sub> [kN]	N <sub>Ed</sub> [kN]	d [m]	z [m]	F <sub>Sd,i</sub> [kN]	xu [m]	V <sub>Rd</sub> [kN]	F <sub>Rd</sub> [kN]	[%]	[%]	[cm²]
Zy1 / A-E	0,25	8,25	2,06	1,10	2,90	425,52	366,24	421,37	-611,31	-189,94	8,13	6,50	-29,51	3,25	773,44	4468,75	47,35	0,66	3,69
Zy1 / E-G	0,25	7,55	1,89	1,10	2,90	363,12	313,49	385,41	-571,80	-186,39	7,43	5,94	-32,06	2,97	707,81	4083,75	44,29	0,79	3,55
Zy2 / A-C	0,25	3,40	0,85	0,00	2,90	184,35	93,52	67,44	-431,44	-364,00	3,28	2,62	-111,64	1,31	318,75	1801,25	29,34	6,20	5,80
Zy2 / D'-E	0,25	1,08	0,27	0,00	2,90	11,17	17,76	58,08	-115,21	-57,13	0,96	0,76	-13,94	0,38	101,25	525,25	17,54	2,65	0,99
Zy2 / E-E'	0,25	1,07	0,27	0,00	2,90	13,51	21,15	48,97	-111,84	-62,87	0,95	0,76	-13,56	0,38	100,31	519,75	21,08	2,61	1,13
Zy2 / E'-F	0,25	3,70	0,93	0,00	2,90	214,99	104,92	138,51	-462,81	-324,30	3,58	2,86	-86,98	1,43	346,88	1966,25	30,25	4,42	5,46
Zy3 / F-G	0,25	1,48	0,37	0,00	2,90	22,13	44,82	58,74	-154,83	-96,09	1,36	1,08	-27,63	0,54	138,75	745,25	32,30	3,71	1,57
Zy4 / A-D	0,25	6,27	1,57	0,00	2,90	258,97	263,48	121,26	-591,23	-469,97	6,15	4,92	-182,31	2,46	587,81	3379,75	44,82	5,39	6,61
Zy4 / E-G	0,25	7,55	1,89	0,00	2,90	613,99	338,38	124,57	-791,79	-667,22	7,43	5,94	-230,24	2,97	707,81	4083,75	47,81	5,64	10,05
Zy5 / C-D	0,25	2,87	0,72	0,00	2,90	92,02	111,03	107,16	-187,32	-80,16	2,75	2,20	1,82	1,10	269,06	1509,75	41,27	0,12	1,88
Zy6 / C-D	0,25	2,87	0,72	0,00	2,90	109,73	92,50	43,08	-181,34	-138,26	2,75	2,20	-19,16	1,10	269,06	1509,75	34,38	1,27	2,74
Zy6 / E-E'	0,25	1,13	0,28	0,00	2,90	19,65	30,32	60,96	-110,01	-49,05	1,01	0,80	-0,08	0,40	105,94	552,75	28,62	0,02	1,13
Zy6 / E'-F	0,25	3,73	0,93	0,00	2,90	291,05	125,54	79,76	-457,49	-377,73	3,61	2,88	-87,95	1,44	349,69	1982,75	35,90	4,44	6,66
Zy7 / C-D	0,25	2,87	0,72	0,00	2,90	117,98	102,10	81,08	-202,84	-121,76	2,75	2,20	-7,16	1,10	269,06	1509,75	37,95	0,47	2,63
Zy8 / F-G	0,25	1,48	0,37	0,00	2,90	30,76	35,81	73,05	-156,24	-83,19	1,36	1,08	-13,22	0,54	138,75	745,25	25,81	1,77	1,61
Zy9 / A-D	0,25	6,27	1,57	0,00	2,90	950,35	303,77	89,14	-611,12	-521,98	6,15	4,92	-67,67	2,46	587,81	3379,75	51,68	2,00	10,44
Zy10 / E'-G	0,25	8,29	2,07	0,00	2,90	1749,98	482,77	311,64	-898,33	-586,69	8,17	6,53	-25,44	3,27	777,19	4490,75	62,12	0,57	12,90
Zy11 / A-C	0,25	3,40	0,85	0,00	2,90	376,29	160,21	118,22	-349,70	-231,48	3,28	2,62	27,88	1,31	318,75	1801,25	50,26	1,55	5,96
Zy11 / C'-D	0,25	1,07	0,27	0,00	2,90	22,38	32,50	75,82	-112,39	-36,57	0,95	0,76	11,32	0,38	100,31	519,75	32,40	2,18	1,10
Zy11 / E-F	0,25	7,55	1,89	0,00	2,90	1150,28	330,87	155,49	-807,69	-652,20	7,43	5,94	-132,45	2,97	707,81	4083,75	46,75	3,24	11,95
Zy12 / F-G	0,25	1,48	0,37	0,00	2,90	58,99	35,81	73,05	-152,96	-79,91	1,36	1,08	14,46	0,54	138,75	745,25	25,81	1,94	2,17
Zy13 / C'-D	0,25	1,07	0,27	0,00	2,90	29,11	35,25	165,24	-101,30	63,94	0,95	0,76	70,48	0,38	100,31	519,75	35,14	13,56	0,15
Zy14 / A-C	0,25	3,40	0,85	0,00	2,90	906,12	317,27	862,65	-274,27	588,38	3,28	2,62	640,04	1,31	318,75	1801,25	99,54	35,53	1,19
Zy14 / D-G	0,25	9,55	2,39	2,20	2,90	1224,63	643,15	286,73	-738,11	-451,38	9,43	7,54	-63,27	3,77	895,31	5183,75	71,84	1,22	8,92

Tablica 4.20. Zidovi u smjeru y

Iz priloženih tablica i prikazanih proračuna vidljivo je da svi serklaži zadovoljavaju armaturom od 4 Ø 14 (6.16 cm<sup>2</sup>) . Samo serklaže na osima zidova Zy4/E-G, Zy9/A-D, Zy10/E-G i Zy11/E-F potrebno je armirati sa 4 Ø 22 (15.21 cm<sup>2</sup>)

#### 4.4. Proračun temelja

Proračun je rađen pomoću modela u računalnom programu SCIA Engineer 18.1.

Temelji su napravljeni od betona klase C25/30 i armirana čelikom za armiranje B500B.

Beton:

C 25/30

$f_{ck} = 25.0 \text{ MPa}$

$E_{cm} = 31.5 \text{ MPa}$

$\gamma_c = 1.5$

Armatura:

B 500B

$f_y = 500.0 \text{ MPa}$

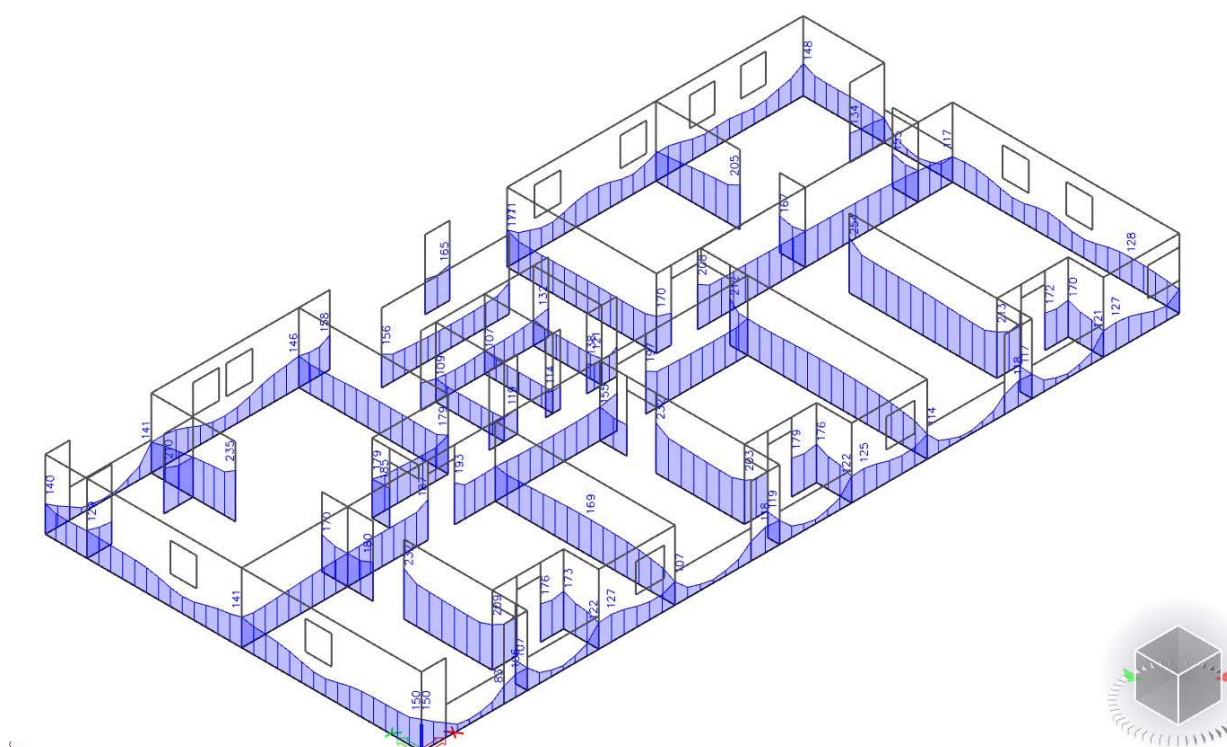
$\gamma_s = 1.15$

##### 4.4.1. Prikaz rezultata

Kombinacija za izračuna momenata savijanja u računalnom programu SCIA Engineer 18.1:

$$GSN : 1,35 \cdot (G + \Delta G) + 1,5 \cdot Q$$

Na sljedećoj slici prikazani su rezultati vertikalnih reakcija na linijskim osloncima koji predstavljaju temeljne trake ispod zidova.



Slika 4.21.

Reakcije na linijskim osloncima Rz za kombinaciju GSN

#### 4.4.2. Dimenzioniranje temelja

Iz dobivenih reakcija na linijskim osloncima ispod zidova uzete su srednje vrijednosti naprezanja na unutrašnjim i vanjskim zidovima. S obzirom na to da unutrašnji zidovi imaju veće vrijednosti naprezanja od vanjskih, kako bi se izbjeglo nejednoliko slijeganje, dimenzioniraju se temelji na vanjske i unutrašnje vrijednosti naprezanja.

$$\sigma_{sd} < \sigma_{dop}$$

$$\frac{R_z}{B \cdot 1,0} < \sigma_{dop}$$

$$B > \frac{R_z \cdot 1,0}{\sigma_{dop}}$$

Dopušteno kontaktno naprezanje u tlu uzimamo vrijednost od  $250 \text{ kN/m}^2$  kao mjerodavnu za dimenzioniranje širine temeljne trake.

Srednja vrijednost naprezanja na vanjskih zidovima je  $140 \text{ kN/m}^2$

$$B = \frac{140,0 \cdot 1,0}{250,0} = 0,56 \text{ m} \rightarrow B_{VANJSKI} = 0,6 \text{ m}$$

Odabrana dimenzija vanjskih temeljnih traka:

$$B / H = 60 / 60 \text{ cm}$$

Srednja vrijednost naprezanja na unutarnjih zidovima je  $200 \text{ kN/m}^2$

$$B = \frac{200,0 \cdot 1,0}{250,0} = 0,8 \text{ m} \rightarrow B_{UNUTARNJI} = 0,9 \text{ m}$$

Odabrana dimenzija unutarnjih temeljnih traka:

$$B / H = 90 / 60 \text{ cm}$$

## 5. PRORAČUN I OCJENA FIZIKALNIH SVOJSTAVA ZGRADE

Fizika zgrade je znanstvena disciplina građevinarstva koja istražuje fizikalne pojave (toplina, zvuk, vlaga) na građevinskim objektima.

Osnovna područja fizike zgrade:

- Toplinska zaštita (ušteta energije)
- Difuzija vodene pare
- Toplinska stabilnost i ljetna toplinska zaštita
- Zaštita od zračne buke
- Zaštita od udarne buke i vibracija
- Akustika

Tema ovog rada je proračun zaštite objekta od toplinskih gubitaka i difuzije vodene pare.

Toplinska zaštita – mjere kojima treba umanjiti neželjeni toplinski tok (zima/ljeto)

Difuzija vodene pare – čestice vodene pare se kreću s područja veće koncentracije k području manje koncentracije do uspostave ravnoteže parcijalnih tlakova. Pojava kondenzacije je štetna pojava za građevinske konstrukcije i mikroklimu u objektu.

Toplinska stabilnost – mjera inercije građevinske konstrukcije pod djelovanjem sunčevog zračenja.

Prijenos topline :

- Kondukcija - (vođenje topline) jest prijelaz topline između dvaju tijela u dodiru
- Konvekcija - (strujanje) jest usmjereno gibanje odnosno strujanje fluida (tekućina i plinova),  
u kojem se topliji fluid giba prema hladnijem i predaje toplinu okolini
- Radijacija - (zračenje) je prijelaz topline koji se odvija putem elektromagnetskog zračenja

Toplinska provodljivost  $\lambda$  ovisi o:

- Poroznosti
- Vlažnosti
- Temperaturi

Dobiva se eksperimentalno (mjeranjem).

Toplinska propustljivost: Omjer toplinske provodljivosti gradiva i debljine sloja u smjeru toplinskog toka:

$$\Lambda = \frac{\lambda}{d} \quad [W/(m^2K)]$$

Toplinski otpor: Recipročna vrijednost koeficijenta toplinske propustljivosti:

$$R = \frac{d}{\lambda} \quad [(m^2K)/W]$$

Toplinski gubitak u višeslojnom zidu:

$$q = \frac{\theta_1 - \theta_2}{R_T} \quad [W/m^2]$$

Koeficijent prolaska topline: Količina topline koja u jedinici vremena prođe okomito kroz pregradu jedinične površine, pri razlici temepratura od 1K

$$U = 1/R_T$$

$R_T$  - ukupan toplinski otpor pregrade

$$U = 1/(R_{si} + \Sigma R_1 + R_{se}) \quad [W/(m^2K)]$$

$R_{si} = 1/\alpha_i$  - vanjski plošni otpor prijelaza topline;  $R_{si} = 0.04 \quad [m^2K/W]$

$R_{se} = 1/\alpha_e$  - unutarnji plošni otpor prijelaza topline;  $R_{se} = 0.13 \quad [m^2K/W]$

Sve druge unutarnje površine:  $R_i = 0.25 \quad [m^2K/W]$

$\alpha_i$  - koeficijent unutarnjeg prijelaza topline koji je jednak količini topline koja u jedinici vremena prijeđe sa unutarnjeg zraka na jediničnu plohu građevinske konstrukcije (pregrade) pri jediničnoj razlici temperature unutarnjeg zraka i plohe građevinske konstrukcije (pregrade).

$\alpha_e$  - koeficijent vanjskog prijelaza topline koji je jednak količini topline koja u jedinici vremena prijeđe s vanjske plohe građevinske konstrukcije (pregrade) na vanjski zrak pri jediničnoj razlici temperature vanjske plohe građevinske konstrukcije (pregrade) i vanjskog zraka

Proračun fizike zgrade je rađen pomoću računalnog programa KI EXPERT PLUS.

Verzija KI EXPERT PLUS namijenjena je projektantima i usklađena je u potpunosti s Tehničkim propisom o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama („Narodne novine“ broj 128/2015), Algoritmom za proračun potrebne energije za grijanje i hlađenje prostora zgrade prema HRN EN ISO 13790 te najnovijim Pravilnikom o energetsom pregledu zgrade i energetsom certificiranju („Narodne novine“ broj 88/17.)

### **5.1. Podatci o lokaciji objekta**

Predmetna građevina se nalazi u 5. zoni globalnog Sunčevog zračenja sa srednjom mjesečnom temperaturom vanjskog zraka najhladnijeg mjeseca na lokaciji zgrade  $\theta_{e,mj,min} > 3^{\circ}\text{C}$  i unutarnjom temperaturom  $\theta_i \geq 18^{\circ}\text{C}$ .

Unutarnja projektna temperatura grijanja:  $20,00^{\circ}\text{C}$

Grijane prostore predmetne građevine zatvaraju navedeni elementi vanjske ovojnice:

#### Međukatne konstrukcije oznake Mk1

Međukatne konstrukcije čine armiranobetonske ploče debljine 16 cm. Sve međukatne konstrukcije predviđene su sa izvedbom „plivajućeg“ poda na elastičnom sloju od elastificiranog ekspaniranog polistirena ili sl. materijala. Završna obrada podova međukatne konstrukcije ovisna je o namjeni prostora .

#### Krovne konstrukcije oznake K1 i K2

Krovnna konstrukcija je puna armirano betonska ploča . Krov iznad grijanog dijela projektiran je sa toplinskom izolacijom, vrsta i debljina izolacije je usklađena sa tehničkim zahtjevima, a završna obrada s arhitektonskim zahtjevima. Svi krovovi – grijani i negrijani su hidroizolirani u skladu s tehničkim zahtjevima. Detaljan opis je dan u prilogu popisa slojeva obodnih konstrukcija.

#### Vanjski zidovi oznake Z1 i Z3

Vanjski zidovi oznake Z1 i Z3 su zidani zidovi debljine 25 cm, svi će se toplinski izolirati pločama mineralne vune debljine 6 cm na kojima se preko tekstilno staklene mreže koja se nalazi između dva sloja polimer -cementnog ljepila izvodi završna fasadna silikatna žbuka, a sve prema upustvima proizvođača. Završne obrade vanjskih zidova definirane su

arhitektonskim projektom i oznakama na nacrtima danim u ovom projektu. Oko otvora predviđena je ugradba špaletnih elemenata kako bi se izbjegli toplinski mostovi.

#### Unutarnji zidovi oznake Z2 i Z4

Zidani zidovi stanova prema stubištu izvesti će se debljine 25 cm, te ih je potrebno izolirati toplinskom izolacijom. Toplinska izolacija postaviti će se na licu zida prema stubištu. Za spriječavanje zvučnih mostova potrebno je posebnu pažnju posvetiti razvodu instalacija unutar ovih pregrada.

#### Unutarnji podovi oznake P1 i P2

Podna konstrukcija je puna armirano betonska ploča debljine 16 cm. Sve podne konstrukcije predviđene su sa izvedbom „plivajućeg“ poda na elastičnom sloju od elastificiranog ekspandiranog polistirena ili sl. materijala. Završna obrada podova podne konstrukcije ovisna je o namjeni prostora.

#### Prozirne konstrukcije

Prozori, te ostakljene stijene s vratima predviđeni su kao PVC stolarija s prekidom termičkog mosta, te ostakljenjem izolirajućim staklom – dvostruko izolirajuće staklo s jednim staklom niske emisije (Low-E obloge), s maksimalnim koeficijentom prolaza topline  $U_{max} = 1,70 \text{ W/m}^2\text{K}$  i vanjskim elementima za zaštitu od Sunca (rolete, grilje), uz navedeno, dio ostakljenih konstrukcija zaklonjen je nadstrešnicom.

Kod odabira prozora potrebno je naglasiti da osim koeficijenta prolaza topline potrebno je voditi računa i o ostalim geometrijskim karakteristikama koje određuju staklo:ukupna svjetlost (prolaz svjetlosti, refleksija svetlosti) i ukupna energija (prolaz energije i refleksija energije).

Napomena: u proračun se ušlo sa koeficijentom prolaska topline  $U = 1,40 \text{ W/m}^2\text{K}$  za sve vanjske otvore, važno je istaknuti da koeficijent  $U$  ( $\text{W/m}^2\text{K}$ ) ovisi o dimenzijama otvora tako da će veći otvori imati i niži odnosno bolji koeficijent prolaska topline u odnosu na otvor manjih dimenzija.

Pozicije zidova i podova predmetne građevine mogu se jasno vidjeti u prilogu 14 i 15

**Klimatološki podaci lokacije objekta:**

**Lokacija:** Split  
**Referentna postaja:** Split Marjan

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	God.
	<b>Temperature zraka (°C)</b>												
m	8.5	7.7	10.4	15.3	20.4	25.4	25	27.6	22.9	15.8	11.9	10.7	16.9
min	-3	-2.9	-1.5	2.6	8.8	14.1	18.6	16.4	12.5	6.1	1.8	-2.8	-3
max	15	15.4	18.7	23.8	28.1	32.2	32.2	32.9	29.4	23.7	23.4	16.5	32.9

	<b>Tlak vodene pare (Pa)</b>												
m	680	690	790	960	1280	1550	1620	1640	1510	1220	970	750	1140

	<b>Relativna vlažnost zraka (%)</b>												
m	61	58	60	60	56	54	49	52	59	63	65	61	58

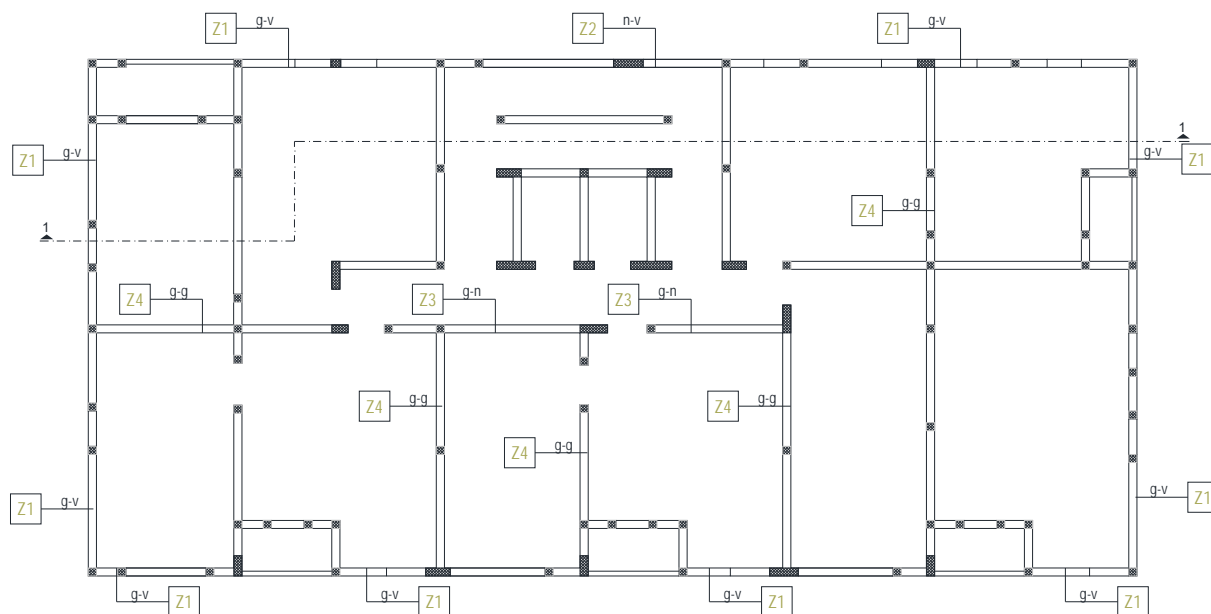
	<b>Brzina vjetra (m/s)</b>												
m	3.5	5	4.7	4.2	3.5	3	3.1	3	3.3	3.9	4.7	4.7	4

	<b>Broj dana griijanja</b>												
	Temperatura vanjskog zraka										< 10 °C		83.1
											< 12 °C		121.6
											< 15 °C		168.4

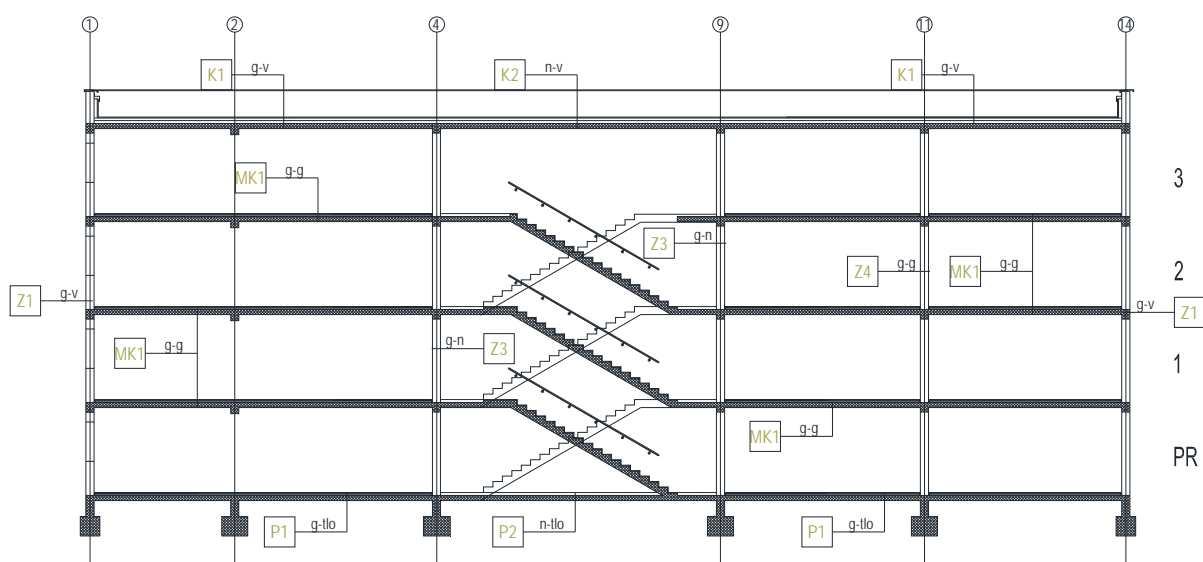


Orijentacija	[ ° ]	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	God.
		Globalno Sunčevo zračenje (MJ/m <sup>2</sup> )												
S	0	191	267	424	533	677	749	777	665	501	370	207	161	5522
	15	256	337	483	561	681	738	773	691	560	457	275	219	6032
	30	309	389	517	564	657	698	738	685	591	520	328	268	6265
	45	345	421	526	541	605	631	672	647	591	555	364	301	6199
	60	361	430	507	493	529	539	578	579	561	559	379	318	3834
	75	358	414	464	424	435	431	465	486	502	533	373	317	5202
	90	335	376	398	339	330	316	342	376	418	476	347	298	4351
SE, SW	0	191	267	424	533	677	749	777	665	501	370	207	161	5522
	15	237	316	466	554	681	742	775	685	544	431	254	202	5886
	30	271	351	489	557	664	714	752	683	566	474	289	233	6043
	45	292	369	492	539	626	664	704	655	565	494	310	253	5961
	60	298	368	473	501	567	594	633	604	539	489	314	259	3639
	75	288	349	434	445	492	507	544	532	490	460	303	252	5094
	90	263	313	378	377	406	413	444	445	422	409	276	232	4376
E, W	0	191	267	424	533	677	749	777	665	501	370	207	161	5522
	15	192	268	422	528	670	740	768	659	499	370	209	162	5485
	30	193	267	416	514	648	715	742	641	490	368	209	163	5367
	45	191	262	402	491	614	675	703	611	473	361	206	161	5150
	60	183	251	378	457	567	621	649	568	445	345	198	155	4817
	75	171	232	346	413	508	555	581	513	407	319	185	144	4372
	90	153	207	304	360	440	480	504	447	358	284	165	130	3831
NE, NW	0	191	267	424	533	677	749	777	665	501	370	207	161	5522
	15	146	215	372	494	651	731	751	623	444	301	160	121	5009
	30	115	173	319	443	600	680	693	561	383	244	127	95	4434
	45	87	144	276	391	635	609	618	494	330	205	98	74	3862
	60	78	104	237	345	472	536	543	435	287	153	81	69	3340
	75	72	88	171	290	414	470	476	373	216	113	75	63	2821
	90	64	81	133	202	319	374	370	265	143	104	68	57	2181
E, N	0	191	267	424	533	677	749	777	665	501	370	207	161	5522
	15	117	185	346	478	637	716	734	604	417	264	131	95	4721
	30	87	109	253	400	559	634	643	509	314	153	91	78	3830
	45	83	101	175	306	454	519	518	391	203	125	125	74	3036
	60	78	95	158	212	333	382	371	259	159	119	81	69	2317
	75	72	88	146	185	227	238	227	200	150	112	75	63	1782
	90	64	81	133	168	208	211	210	186	140	104	68	57	1631

Tablica 5.1. Globalno sunčevo zračenje po mjesecima



Slika 5.1. Tlocrt karakterističnog kata s oznakama građevinskih dijelova



Slika 5.2. Karakteristični presjek s oznakama građevinskih dijelova

## 5.2. Zona 1 – višestambena zgrada

Uvjet	Status
Koeficijenti prolaska topline	<b>ZADOVOLJAVA</b>
Difuzija	<b>ZADOVOLJAVA</b>
Dinamičke toplinske karakteristike	<b>ZADOVOLJAVA</b>
Korisna energija	<b>ZADOVOLJAVA</b>
Primarna energija	<b>ZADOVOLJAVA</b>

### 5.2.1. Geometrijske karakteristike zgrade

Potrebni podaci	Zona 1
Oplošje grijanog dijela zgrade – $A$ [ $m^2$ ]	2351,43
Obujam grijanog dijela zgrade – $V_e$ [ $m^3$ ]	4957,85
Obujam grijanog zraka – $V$ [ $m^3$ ]	3966,28
Faktor oblika zgrade - $f_0$ [ $m^{-1}$ ]	0,47
Ploština korisne površine grijanog dijela zgrade – $A_K$ [ $m^2$ ]	1573,92
Ukupna ploština pročelja – $A_{uk}$ [ $m^2$ ]	1686,12
Ukupna ploština prozora – $A_{wuk}$ [ $m^2$ ]	211,84

### 5.2.2. Građevni dijelovi zgrade, slojevi i obrada

Vanjski zidovi 1 - Z1 g-v

R.b.	Materijal	d [cm]	$\lambda$ [W/mK]	$\mu$ [-]	sd [m]	$\rho$ [ $kg/m^3$ ]
1	Vapneno-cementna žbuka	2,000	1,000	20,00	0,40	1800,00
2	Šuplji blokovi od gline	25,000	0,420	6,00	1,50	900,00
3	Polimerno-cementno ljepilo	0,500	0,900	14,00	0,07	1650,00
4	Mineralna vuna (MW)	6,000	0,034	1,00	0,06	25,00
5	Polimerno-cementno ljepilo	0,500	0,900	14,00	0,07	1650,00
6	Impregnacijski predpremaz	0,100	1,600	30,00	0,03	1100,00
7	Silikatna žbuka	0,200	0,900	60,00	0,12	1800,00
Definirane ploštine [ $m^2$ ]:				Istok	179,62	
				Sjever	299,70	
				Zapad	194,14	
				Jug	319,62	

Vanjski zidovi 2 – Z3 n-v

R.b.	Materijal	d [cm]	$\lambda$ [W/mK]	$\mu$ [-]	sd [m]	$\rho$ [ $kg/m^3$ ]
1	Vapneno-cementna žbuka	2,000	1,000	20,00	0,40	1800,00
2	Šuplji blokovi od gline	25,000	0,420	6,00	1,50	900,00
3	Polimerno-cementno ljepilo	0,500	0,900	14,00	0,07	1650,00
4	Mineralna vuna (MW)	6,000	0,034	1,00	0,06	25,00
5	Polimerno-cementno ljepilo	0,500	0,900	14,00	0,07	1650,00
6	Impregnacijski predpremaz	0,100	1,600	30,00	0,03	1100,00
7	Silikatna žbuka	0,200	0,900	60,00	0,12	1800,00
Definirane ploštine [ $m^2$ ]:				Sjever	11,01	

## Zidovi prema ne grijanom prostoru 1 – Z2 g-n

R.b.	Materijal	d [cm]	$\lambda$ [W/mK]	$\mu$ [-]	sd [m]	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]
1	Vapneno-cementna žbuka	2,000	1,000	20,00	0,40	1800,00
2	Šuplji blokovi od gline	25,000	0,480	10,00	2,50	1100,00
3	Knauf Insulation ploča za pregradne zidove AKUSTIK BOARD	4,000	0,037	1,10	0,04	16,00
4	Polimerno-cementno ljepilo	0,500	0,900	14,00	0,07	1650,00
5	Vapneno-cementna žbuka	2,000	1,000	20,00	0,40	1800,00
Definirana ploština [m <sup>2</sup> ]:					359,71	

## Zidovi između grijanih dijelova različitih korisnika 1 - Z4 g-g

R.b.	Materijal	d [cm]	$\lambda$ [W/mK]	$\mu$ [-]	sd [m]	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]
1	Vapneno-cementna žbuka	2,000	1,000	20,00	0,40	1800,00
2	Šuplji blokovi od gline	25,000	0,480	10,00	2,50	1100,00
3	Knauf Insulation ploča za pregradne zidove AKUSTIK BOARD	4,000	0,037	1,10	0,04	16,00
4	Polimerno-cementno ljepilo	0,500	0,900	14,00	0,07	1650,00
5	Vapneno-cementna žbuka	2,000	1,000	20,00	0,40	1800,00
Definirana ploština [m <sup>2</sup> ]:					356,70	

## Stropovi između grijanih dijelova različitih korisnika 1 - Mk1 g-g

R.b.	Materijal	d [cm]	$\lambda$ [W/mK]	$\mu$ [-]	sd [m]	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]
1	Cementni estrih	5,000	1,600	50,00	2,50	2000,00
2	Knauf Insulation LDS 35 parna	0,020	0,500	205000,00	20,00	500,00
3	Knauf Insulation podna ploča NaturBoard TPT	5,000	0,036	1,10	0,06	130,00
4	Knauf Insulation LDS 35 parna	0,020	0,500	205000,00	20,00	500,00
5	Armirani beton	17,000	2,600	110,00	18,70	2500,00
6	Cementna žbuka	1,500	1,600	30,00	0,45	2000,00
Definirana ploština [m <sup>2</sup> ]:					393,48	

## Podovi na tlu 1 - P1 g-tlo

R.b.	Materijal	d [cm]	$\lambda$ [W/mK]	$\mu$ [-]	sd [m]	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]
1	Cementni estrih	6,000	1,600	50,00	3,00	2000,00
2	Knauf Insulation LDS 100 parna	0,020	0,500	350000,00	20,00	450,00
3	Ekstrudirana polistir. pjena (XPS)	8,000	0,036	140,00	11,20	37,50
4	Geotekstil 150-200 g/m <sup>2</sup>	0,020	0,200	1000,00	0,20	900,00
5	Bitum. traka s uloškom stakl. voala	1,000	0,230	50000,00	500,00	1100,00
6	Beton	15,000	2,000	100,00	15,00	2400,00
7	Pijesak, šljunak, tucanik (drobljenac)	30,000	0,810	3,00	0,90	1700,00
Definirana ploština [m <sup>2</sup> ]:					393,48	

## Podovi na tlu 2 – P2 n-tlo

R.b.	Materijal	d [cm]	$\lambda$ [W/mK]	$\mu$ [ - ]	sd [m]	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]
1	Cementni estrih	6,000	1,600	50,00	3,00	2000,00
2	Knauf Insulation LDS 100 parna	0,020	0,500	350000,00	20,00	450,00
3	Ekstrudirana polistir. pjena (XPS)	8,000	0,036	140,00	11,20	37,50
4	Geotekstil 150-200 g/m <sup>2</sup>	0,020	0,200	1000,00	0,20	900,00
5	Bitum. traka s uloškom stakl. voala	1,000	0,230	50000,00	500,00	1100,00
6	Beton	15,000	2,000	100,00	15,00	2400,00
7	Pijesak, šljunak, tucanik (drobljenac)	30,000	0,810	3,00	0,90	1700,00
Definirana ploština [m <sup>2</sup> ]:					76,71	

## Ravni krovovi iznad grijanog prostora 1 - K1 g-v

R.b.	Materijal	d [cm]	$\lambda$ [W/mK]	$\mu$ [ - ]	sd [m]	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]
1	Cementna žbuka	1,500	1,600	30,00	0,45	2000,00
2	Armirani beton	17,000	2,600	110,00	18,70	2500,00
3	Bitumenska ljepjenka (traka)	0,300	0,230	50000,00	150,00	1100,00
4	Aluminijska folija 0,05 mm	0,001	160,000	30000000,00	1,00	2800,00
5	Bitumenska ljepjenka (traka)	0,300	0,230	50000,00	150,00	1100,00
6	Geotekstil 150-200 g/m <sup>2</sup>	0,020	0,200	1000,00	0,20	900,00
7	Ekstrudirana polistir. pjena (XPS)	15,000	0,036	140,00	21,00	37,50
8	Geotekstil 500 g/m <sup>2</sup>	0,020	0,200	1000,00	0,20	900,00
9	Tvrda guma (ebonit), kruta	1,500	0,170	1000000,00	1.500,00	1200,00
10	Beton	3,000	2,000	100,00	3,00	2400,00
Definirana ploština [m <sup>2</sup> ]:					393,48	

## Ravni krovovi iznad grijanog prostora 2 – K2 n-v

R.b.	Materijal	d [cm]	$\lambda$ [W/mK]	$\mu$ [ - ]	sd [m]	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]
1	Cementna žbuka	1,500	1,600	30,00	0,45	2000,00
2	Armirani beton	17,000	2,600	110,00	18,70	2500,00
3	Bitumenska ljepjenka (traka)	0,300	0,230	50000,00	150,00	1100,00
4	Aluminijska folija 0,05 mm	0,001	160,000	30000000,00	1,00	2800,00
5	Bitumenska ljepjenka (traka)	0,300	0,230	50000,00	150,00	1100,00
6	Geotekstil 150-200 g/m <sup>2</sup>	0,020	0,200	1000,00	0,20	900,00
7	Ekstrudirana polistir. pjena	15,000	0,036	140,00	21,00	37,50
8	Geotekstil 500 g/m <sup>2</sup>	0,020	0,200	1000,00	0,20	900,00
9	Tvrda guma (ebonit), kruta	1,500	0,170	1000000,00	1.500,00	1200,00
10	Beton	3,000	2,000	100,00	3,00	2400,00
Definirana ploština [m <sup>2</sup> ]:					76,71	

### 5.2.3. Otvori (prozori i neprozirni elementi) zgrade

Naziv otvora	Uw [W/m <sup>2</sup> K]	Orijentacija	Aw [m <sup>2</sup> ]	n
P 100 x120 g-v	1,40	Istok	1,20	8,00
	1,40	Zapad	1,20	8,00
P 120 x120 g-v	1,40	Jug	1,44	20,00
P 140 x120 g-v	1,40	Jug	1,68	8,00
P 100 x120 g-v S	1,40	Sjever	1,20	24,00
P 400 x 240 n-v S	1,40	Sjever	9,60	4,00
V 80 x 220 g-v	1,40	Jug	1,76	12,00
V 100 x 220 g-v	1,40	Jug	2,20	12,00
V 160 x 220 g-v	1,40	Istok	3,52	4,00
V 180 x 220 g-n S	1,40	Sjever	3,96	4,00
Vst 100 x 220 g-n	1,40	Sjever	2,20	20,00
Vul 240 x 240 n-v S	1,40	Sjever	5,76	1,00

### 5.2.4. Zaštita od prekomjernog Sunčevog zračenja (ljetni period)

Podaci o definiranim prostorijama s najvećim udjelom ostakljenja u površini pročelja.

Naziv prostorije	Orijentacija	A [m <sup>2</sup> ]	A <sub>g</sub> [m <sup>2</sup> ]	f	g <sub>tot</sub> f	max	Zadovoljava
soba 1	Jug	13,24	2,30	0,17	0,03	0,20	Da

Podaci o otvorima koji su uzeti u obzir prilikom navedenog proračuna.

Naziv prostorije	Naziv otvora	f <sub>c</sub>	A <sub>g</sub> [m <sup>2</sup> ]	g <sub>±</sub>	n
soba 1	P 120 x120 g-v	0,30	1,15	0,60	2

### 5.2.5. Sustav grijanja i energent za grijanje


Sustav grijanja:	Lokalno
Vrijeme rada sustava:	Sustavi s prekidom rada noću
Udio vremena s definiranom unutarnjom temperaturom – f <sub>H,hr</sub> (režim rada termotehničkog sustava za grijanje):	0,71
Omjer dana u tjednu s definiranom unutarnjom temperaturom (za hlađenje) – f <sub>C,day</sub> :	1,00
Vrsta energenta za grijanje:	Električna energija
Vrsta i način korištenja obnovljivih izvora energije:	/
Udio obnovljive energije u isporučenoj energiji [%]:	0,00

### 5.3. Proračun građevnih dijelova zgrade

Naziv građevnog dijela	A [m <sup>2</sup> ]	U [W/m <sup>2</sup> K]	U <sub>max</sub> [W/m <sup>2</sup> K]
Z1 g-v	993,08	0,39	0,45
Z3 n-v	11,01	0,39	0,45
Z2 g-n	359,71	0,52	0,60
Z4 g-g	356,70	0,52	0,80
Mk1 g-g	393,48	0,57	0,80
P1 g-tlo	393,48	0,40	0,50
P2 n-tlo	76,71	0,40	0,50
K1 g-v	393,48	0,30	0,30
K2 n-v	76,71	0,30	0,30

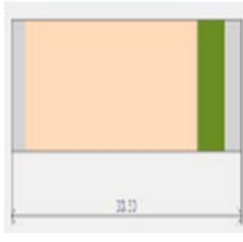
U nastavku je prikazan tablični proračuna pojedinog građevinskog elementa:

Vanjski zidovi 1 - Z1 g-v

	A <sub>gd</sub> [m <sup>2</sup> ]	A <sub>I</sub>	A <sub>Z</sub>	A <sub>S</sub>	A <sub>J</sub>	A <sub>SI</sub>	A <sub>SZ</sub>	A <sub>JI</sub>	A <sub>JZ</sub>
	993,08	179,62	194,14	299,70	319,62	0,00	0,00	0,00	0,00
	<b>Toplinska zaštita:</b>				U [W/m <sup>2</sup> K] = 0,39 ≤ 0,45			ZADOVOLJAVA	
	<b>Površinska vlažnost:</b> (Rizik okruženja s plijesni φ <sub>si</sub> ≤ 0,8)				fR <sub>si</sub> = 0,39 ≤ 0,90			ZADOVOLJAVA	
	<b>Unutarnja kondenzacija:</b>				ΣM <sub>a,god</sub> = 0,00			ZADOVOLJAVA	
	<b>Dinamičke karakteristike:</b>				283,70 ≥ 100 kg/m <sup>2</sup> U = 0,39 ≤ 0,45			ZADOVOLJAVA	


	Slojevi građevnog dijela u smjeru toplinskog toka	d[cm]	ρ[kg/m <sup>3</sup> ]	λ[W/mK]	R[m <sup>2</sup> K/W]
1	Vapneno-cementna žbuka	2,0	1800,0	1,00	0,020
2	Šuplji blokovi od gline	25,0	900,0	0,42	0,595
3	Polimerno-cementno ljepilo	0,5	1650,0	0,90	0,006
4	Mineralna vuna (MW)	6,0	25,0	0,034	1,765
5	Polimerno-cementno ljepilo	0,5	1650,0	0,900	0,006
6	Impregnacijski predpremaz	0,1	1100,0	1,600	0,001
7	Silikatna žbuka	0,2	1800,0	0,900	0,002
					R <sub>si</sub> = 0,130
					R <sub>se</sub> = 0,040
					<b>R<sub>T</sub> = 2,564</b>
U pogledu toplinske zaštite, građevni dio s U [W/m <sup>2</sup> K] = 0,39			U = 0,39 ≤ U <sub>max</sub> = 0,45		ZADOVOLJAVA
Plošna masa građevnog dijela 283,70 [kg/m <sup>2</sup> ]			283,70 ≥ 100 kg/m <sup>2</sup> U = 0,39 ≤ 0,45		ZADOVOLJAVA

## Zidovi prema negrijanim prostorijama 1 - Z2 g-n

	A <sub>gd</sub> [m <sup>2</sup> ]	A <sub>I</sub>	A <sub>Z</sub>	A <sub>S</sub>	A <sub>J</sub>	A <sub>SI</sub>	A <sub>SZ</sub>	A <sub>JI</sub>	A <sub>JZ</sub>
	359,71	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Toplinska zaštita:				U [W/m <sup>2</sup> K] = 0,52 ≤ 0,60			ZADOVOLJAVA	
	Površinska vlažnost: (Rizik okruženja s plijesni φ <sub>SI</sub> ≤ 0,8)				fR <sub>SI</sub> = 0,39 ≤ 0,87			ZADOVOLJAVA	
	Unutarnja kondenzacija:				ΣM <sub>a,god</sub> = 0,00			ZADOVOLJAVA	

	Slojevi građevnog dijela u smjeru toplinskog toka	d[cm]	$\rho[kg/m^3]$	$\lambda[W/mK]$	$R[m^2 K/W]$
1	Vapneno-cementna žbuka	2,000	1800,00	1,000	0,020
2	Šuplji blokovi od gline	25,000	1100,00	0,480	0,521
3	Knauf Insulation ploča za pregradne zidove AKUSTIK	4,000	16,00	0,037	1,081
4	Polimerno-cementno ljepilo	0,500	1650,00	0,900	0,006
5	Vapneno-cementna žbuka	2,000	1800,00	1,000	0,020
					$R_{si} = 0,130$
					$R_{se} = 0,130$
					$R_T = 1,907$
U pogledu toplinske zaštite, građevni dio s $U [W/m^2 K] = 0,52$		$U = 0,52 \leq U_{max} = 0,60$			ZADOVOLJAVA

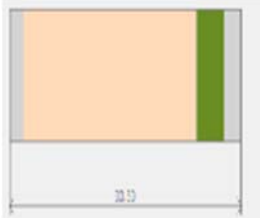
## Vanjski zidovi 2 – Z3 g-v

	$A_{gd} [m^2]$	$A_I$	$A_Z$	$A_S$	$A_J$	$A_{SI}$	$A_{SZ}$	$A_{JI}$	$A_{JZ}$
	11,01	0,00	0,00	11,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	<b>Toplinska zaštita:</b>				$U [W/m^2 K] = 0,39 \leq 0,45$			ZADOVOLJAVA	
	<b>Površinska vlažnost:</b> (Rizik okruženja s plijesni $\varphi_{si} \leq 0,8$ )				$fR_{si} = 0,39 \leq 0,90$			ZADOVOLJAVA	
	<b>Unutarnja kondenzacija:</b>				$\Sigma M_{a,god} = 0,00$			ZADOVOLJAVA	
	<b>Dinamičke karakteristike:</b>				$283,70 \geq 100 kg/m^2$ $U = 0,39 \leq 0,45$			ZADOVOLJAVA	

	Slojevi građevnog dijela u smjeru toplinskog toka	d[cm]	$\rho[kg/m^3]$	$\lambda[W/mK]$	$R[m^2 K/W]$
1	Vapneno-cementna žbuka	2,0	1800,0	1,000	0,020
2	Šuplji blokovi od gline	25,0	900,0	0,420	0,595
3	Polimerno-cementno ljepilo	0,5	1650,0	0,900	0,006
4	Mineralna vuna (MW)	6,0	25,0	0,034	1,765
5	Polimerno-cementno ljepilo	0,5	1650,0	0,900	0,006
6	Impregnacijski predpremaz	0,1	1100,0	1,600	0,001
7	Silikatna žbuka	0,2	1800,0	0,900	0,002
					$R_{si} = 0,130$
					$R_{se} = 0,040$
					$R_T = 2,564$
U pogledu toplinske zaštite, građevni dio s $U [W/m^2 K] = 0,39$		$U = 0,39 \leq U_{max} = 0,45$			ZADOVOLJAVA
Plošna masa građevnog dijela <b>283,70 [kg/m2]</b>		$283,70 \geq 100 kg/m^2$ $U = 0,39 \leq 0,45$			ZADOVOLJAVA

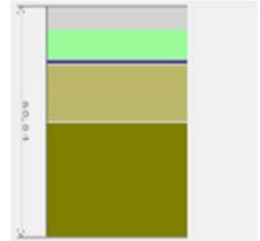


## Zidovi između grijanih dijelova različitih korisnika 1 - Z4 g-g

	$A_{gd} [m^2]$	$A_I$	$A_Z$	$A_S$	$A_J$	$A_{SI}$	$A_{SZ}$	$A_{JI}$	$A_{JZ}$
	356,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	<b>Toplinska zaštita:</b>			$U [W/m^2 K] = 0,52 \leq 0,80$			ZADOVOLJAVA		

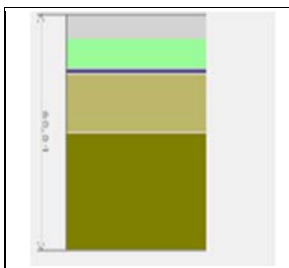
	Slojevi građevnog dijela u smjeru toplinskog toka	d[cm]	$\rho[kg/m^3]$	$\lambda[W/mK]$	$R[m^2 K/W]$
1	Vapneno-cementna žbuka	2,0	1800,0	1,000	0,020
2	Šuplji blokovi od gline	25,0	1100,0	0,480	0,521
3	Knauf Insulation ploča za pregradne zidove AKUSTIK	4,0	16,0	0,037	1,081
4	Polimerno-cementno ljepilo	0,5	1650,0	0,900	0,006
5	Vapneno-cementna žbuka	2,0	1800,0	1,000	0,020
					$R_{si} = 0,130$
					$R_{se} = 0,130$
					$R_T = 1,907$
U pogledu toplinske zaštite, građevni dio s $U [W/m^2 K] = 0,52$		$U = 0,52 \leq U_{max} = 0,80$			ZADOVOLJAVA

## Podovi na tlu 1 - P1 g-tlo

	A <sub>gd</sub> [m <sup>2</sup> ]	A <sub>I</sub>	A <sub>Z</sub>	A <sub>S</sub>	A <sub>J</sub>	A <sub>SI</sub>	A <sub>SZ</sub>	A <sub>JI</sub>	A <sub>JZ</sub>
	393,48	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Toplinska zaštita:				U [W/m <sup>2</sup> K] = 0,40 ≤ 0,50			ZADOVOLJAVA	
	Površinska vlažnost: (Rizik okruženja s plijesni φ <sub>SI</sub> ≤ 0,8)				fR <sub>SI</sub> = 0,00 ≤ 0,90			ZADOVOLJAVA	

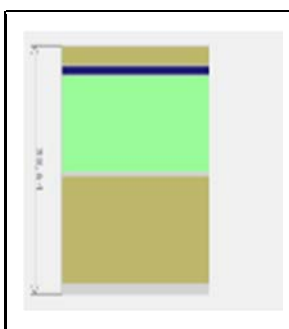
	Slojevi građevnog dijela u smjeru toplinskog toka	d[cm]	$\rho[kg/m^3]$	$\lambda[W/mK]$	$R[m^2 K/W]$
1	Cementni estrih	6,0	2000,0	1,600	0,038
2	Knauf Insulation LDS 100 parna brana	0,02	450,0	0,500	0,000
3	Ekstrudirana polistir. pjena (XPS)	8,0	37,5	0,036	2,222
4	Geotekstil 150-200 g/m2	0,02	900,0	0,200	0,001
5	Bitum. traka s uloškom stakl. voala	1,0	1100,0	0,230	0,043
6	Beton	15,0	2400,0	2,000	-
7	Pijesak, šljunak, tucanik (drobljenac)	30,0	1700,0	0,810	-
					$R_{si} = 0,170$
					$R_{se} = 0,000$
					$R_T = 2,475$
U pogledu toplinske zaštite, građevni dio s $U [W/m^2 K] = 0,40$		$U = 0,40 \leq U_{max} = 0,50$			ZADOVOLJAVA

## Podovi na tlu 2 - P2 n-tlo

	<b>A<sub>gd</sub> [m]</b>	<b>A<sub>I</sub></b>	<b>A<sub>Z</sub></b>	<b>A<sub>S</sub></b>	<b>A<sub>J</sub></b>	<b>A<sub>SI</sub></b>	<b>A<sub>SZ</sub></b>	<b>A<sub>JI</sub></b>	<b>A<sub>JZ</sub></b>
	76,71	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	<b>Toplinska zaštita:</b>				$U \text{ [W/m}^2 \text{ K]} = 0,40 \leq 0,50$			ZADOVOLJAVA	
	<b>Površinska vlažnost:</b> (Rizik okruženja s plijesni $\varphi_{si} \leq 0,8$ )				$fR_{si} = 0,00 \leq 0,90$			ZADOVOLJAVA	

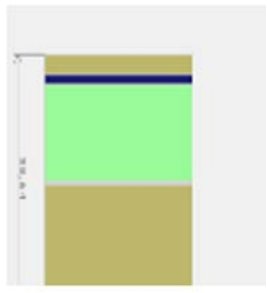
	Slojevi građevnog dijela u smjeru toplinskog toka	d[cm]	$\rho[\text{kg/m}^3]$	$\lambda[\text{W/mK}]$	$R[\text{m}^2 \text{ K/W}]$
1	Cementni estrih	6,0	2000,0	1,600	0,038
2	Knauf Insulation LDS 100 parna brana	0,02	450,0	0,500	0,000
3	Ekstrudirana polistir. pjena (XPS)	8,0	37,5	0,036	2,222
4	Geotekstil 150-200 g/m <sup>2</sup>	0,02	900,0	0,200	0,001
5	Bitum. traka s uloškom stakl. voala	1,0	1100,0	0,230	0,043
6	Beton	15,0	2400,0	2,000	-
7	Pijesak, šljunak, tucanik (drobljenac)	30,0	1700,0	0,810	-
					$R_{si} = 0,170$
					$R_{se} = 0,000$
					<b><math>R_T = 2,475</math></b>
U pogledu toplinske zaštite, građevni dio s $U \text{ [W/m}^2 \text{ K]} = 0,40$			$U = 0,40 \leq U_{\max} = 0,50$		ZADOVOLJAVA

## Ravni krovovi iznad

	<b>A<sub>gd</sub> [m<sup>2</sup>]</b>	<b>A<sub>I</sub></b>	<b>A<sub>Z</sub></b>	<b>A<sub>S</sub></b>	<b>A<sub>J</sub></b>	<b>A<sub>SI</sub></b>	<b>A<sub>SZ</sub></b>	<b>A<sub>JI</sub></b>	<b>A<sub>JZ</sub></b>
	393,48	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	<b>Toplinska zaštita:</b>				$U \text{ [W/m}^2 \text{ K]} = 0,30 \leq 0,30$			ZADOVOLJAVA	
	<b>Površinska vlažnost:</b> (Rizik okruženja s plijesni $\varphi_{si} \leq 0,8$ )				$fR_{si} = 0,39 \leq 0,93$			ZADOVOLJAVA	
	<b>Unutarnja kondenzacija:</b>				$\Sigma M_{a, \text{god}} = 0,00$			ZADOVOLJAVA	
	<b>Dinamičke karakteristike:</b>				$557,61 \geq 100 \text{ kg/m}^2$ $U = 0,30 \leq 0,30$			ZADOVOLJAVA	

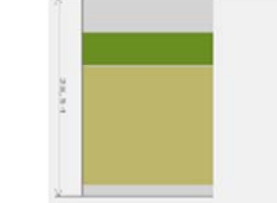
	Slojevi građevnog dijela u smjeru toplinskog toka	d[cm]	$\rho[\text{kg/m}^3]$	$\lambda[\text{W/mK}]$	$R[\text{m}^2 \text{ K/W}]$
1	Cementna žbuka	1,5	2000,0	1,600	0,009
2	Armirani beton	17,0	2500,0	2,600	0,065
3	Bitumenska ljepenka (traka)	0,3	1100,0	0,230	0,013
4	Aluminijska folija 0,05 mm	0,001	2800,0	160,000	0,000
5	Bitumenska ljepenka (traka)	0,3	1100,0	0,230	0,013
6	Geotekstil 150-200 g/m <sup>2</sup>	0,02	900,0	0,200	0,001
7	Ekstrudirana polistir. pjena (XPS)	15,0	37,5	0,036	4,167
8	Geotekstil 500 g/m <sup>2</sup>	0,02	900,0	0,200	-
9	Tvrda guma (ebonit), kruta	1,5	1200,0	0,170	-
10	Beton	3,0	2400,0	2,000	-
					$R_{si} = 0,100$
					$R_{se} = 0,040$
					<b><math>R_T = 4,409</math></b>
					<b><math>\Delta U = 0,069</math></b>
U pogledu toplinske zaštite, građevni dio s $U \text{ [W/m}^2 \text{ K]} = 0,30$			$U = 0,30 \leq U_{\max} = 0,30$		ZADOVOLJAVA
Plošna masa građevnog dijela <b>557,61 [kg/m<sup>2</sup>]</b>			$557,61 \geq 100 \text{ kg/m}^2$ $U = 0,30 \leq 0,30$		ZADOVOLJAVA

## Ravni krovovi iznad grijanog prostora 2 - K2 n-v

	A <sub>gd</sub> [m <sup>2</sup> ]	A <sub>i</sub>	A <sub>z</sub>	A <sub>s</sub>	A <sub>j</sub>	A <sub>si</sub>	A <sub>sz</sub>	A <sub>ji</sub>	A <sub>jz</sub>
	76,71	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Toplinska zaštita:				U [W/m <sup>2</sup> K] = 0,30 ≤ 0,30			ZADOVOLJAVA	
	Površinska vlažnost: (Rizik okruženja s plijesni φ <sub>si</sub> ≤ 0,8)				fR <sub>si</sub> = 0,57 ≤ 0,93			ZADOVOLJAVA	
	Unutarnja kondenzacija:				ΣM <sub>a,god</sub> = 0,00			ZADOVOLJAVA	
	Dinamičke karakteristike:				557,61 ≥ 100 kg/m <sup>2</sup> U = 0,30 ≤ 0,30			ZADOVOLJAVA	

	Slojevi građevnog dijela u smjeru toplinskog toka	d[cm]	$\rho [kg/m^3]$	$\lambda [W/mK]$	$R [m^2 K/W]$
1	Cementna žbuka	1,5	2000,0	1,600	0,009
2	Armirani beton	17,0	2500,0	2,600	0,065
3	Bitumenska ljepenska (traka)	0,30	1100,0	0,230	0,013
4	Aluminijska folija 0,05 mm	0,001	2800,0	160,000	0,000
5	Bitumenska ljepenska (traka)	0,3	1100,0	0,230	0,013
6	Geotekstil 150-200 g/m <sup>2</sup>	0,02	900,0	0,200	0,001
7	Ekstrudirana polistir. pjena (XPS)	15,0	37,5	0,036	4,167
8	Geotekstil 500 g/m <sup>2</sup>	0,02	900,0	0,200	-
9	Tvrda guma (ebonit), kruta	1,50	1200,0	0,170	-
10	Beton	3,0	2400,0	2,000	-
					$R_{si} = 0,100$
					$R_{se} = 0,040$
					<b><math>R_T = 4,409</math></b>
					<b><math>\Delta U = 0,069</math></b>
U pogledu toplinske zaštite, građevni dio s $U [W/m^2 K] = 0,30$			$U = 0,30 \leq U_{max} = 0,30$		ZADOVOLJAVA
Plošna masa građevnog dijela <b>557,61 [kg/m<sup>2</sup>]</b>			$557,61 \geq 100 \text{ kg/m}^2$ $U = 0,30 \leq 0,30$		ZADOVOLJAVA

## Stropovi između grijanih dijelova različitih korisnika 1 - Mk1 g-g

	$A_{gd} [m]$	$A_I$	$A_Z$	$A_S$	$A_J$	$A_{SI}$	$A_{SZ}$	$A_{JI}$	$A_{JZ}$
	393,48	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	<b>Toplinska zaštita:</b>				$U [W/m^2 K] = 0,57 \leq 0,80$			ZADOVOLJAVA	

	Slojevi građevnog dijela u smjeru toplinskog toka	d[cm]	$\rho [kg/m^3]$	$\lambda [W/mK]$	$R [m^2 K/W]$
1	Cementni estrih	5,0	2000,0	1,600	0,031
2	Knauf Insulation LDS 35 parna brana	0,02	500,0	0,500	0,000
3	Knauf Insulation podna ploča NaturBoard TPT	5,0	130,0	0,036	1,389
4	Knauf Insulation LDS 35 parna brana	0,02	500,0	0,500	0,000
5	Armirani beton	17,0	2500,0	2,600	0,065
6	Cementna žbuka	1,5	2000,0	1,600	0,009
					$R_{si} = 0,170$
					$R_{se} = 0,100$
					<b><math>R_T = 1,766</math></b>
U pogledu toplinske zaštite, građevni dio s $U [W/m^2 K] = 0,57$			$U = 0,57 \leq U_{max} = 0,80$		ZADOVOLJAVA

#### 5.4. Vanjski otvori (HRN EN ISO 10077-1:2000)

Istok														
Naziv	M.o.	N.p. [°]	F <sub>hor</sub>	F <sub>ov</sub>	F <sub>Fin</sub>	F <sub>sh,ob</sub>	g <sub>⊥</sub>	F <sub>sh,gl</sub>	A <sub>Sol</sub> [m <sup>2</sup> ]	A <sub>f</sub> [m <sup>2</sup> ]	A <sub>g</sub> [m <sup>2</sup> ]	A <sub>w</sub> [m <sup>2</sup> ]	n	U <sub>w</sub> [W/m <sup>2</sup> K]
P 100 x120 g-v	P	90 <sup>(1)</sup>	1,00	1,00	1,00	1,00	0,60	0,30	0,35	0,24	0,96	1,20	8,00	1,40
V 160 x 220 g-v	P	90 <sup>(1)</sup>	1,00	1,00	1,00	1,00	0,60	0,30	1,02	0,70	2,82	3,52	4,00	1,40

Zapad														
Naziv	M.o.	N.p. [°]	F <sub>hor</sub>	F <sub>ov</sub>	F <sub>Fin</sub>	F <sub>sh,ob</sub>	g <sub>⊥</sub>	F <sub>sh,gl</sub>	A <sub>Sol</sub> [m <sup>2</sup> ]	A <sub>f</sub> [m <sup>2</sup> ]	A <sub>g</sub> [m <sup>2</sup> ]	A <sub>w</sub> [m <sup>2</sup> ]	n	U <sub>w</sub> [W/m <sup>2</sup> K]
P 100 x120 g-v	P	90 <sup>(1)</sup>	1,00	1,00	1,00	1,00	0,60	0,30	0,35	0,24	0,96	1,20	8,00	1,40

Jug														
Naziv	M.o.	N.p. [°]	F <sub>hor</sub>	F <sub>ov</sub>	F <sub>Fin</sub>	F <sub>sh,ob</sub>	g <sub>⊥</sub>	F <sub>sh,gl</sub>	A <sub>Sol</sub> [m <sup>2</sup> ]	A <sub>f</sub> [m <sup>2</sup> ]	A <sub>g</sub> [m <sup>2</sup> ]	A <sub>w</sub> [m <sup>2</sup> ]	n	U <sub>w</sub> [W/m <sup>2</sup> K]
P 120 x120 g-v	P	90 <sup>(1)</sup>	1,00	1,00	1,00	1,00	0,60	0,30	0,38	0,29	1,15	1,44	20,00	1,40
P 140 x120 g-v	P	90 <sup>(1)</sup>	1,00	1,00	1,00	1,00	0,60	0,30	0,44	0,34	1,34	1,68	8,00	1,40
V 80 x 220 g-v	P	90 <sup>(1)</sup>	1,00	1,00	1,00	1,00	0,60	0,30	0,46	0,35	1,41	1,76	12,00	1,40
V 100 x 220 g-v	P	90 <sup>(1)</sup>	1,00	1,00	1,00	1,00	0,60	0,30	0,58	0,44	1,76	2,20	12,00	1,40

Naziv	M.i.	M.o.	A <sub>f</sub> [m <sup>2</sup> ]	A <sub>g</sub> [m <sup>2</sup> ]	A <sub>w</sub> [m <sup>2</sup> ]	n	U <sub>w</sub> [W/m <sup>2</sup> K]
P 100 x120 g-v S		P	0,24	0,96	1,20	24,00	1,40
Vst 100 x 220 g-n		D	0,44	1,76	2,20	20,00	1,40
P 400 x 240 n-v S		P	1,92	7,68	9,60	4,00	1,40
Vul 240 x 240 n-v S		P	1,15	4,61	5,76	1,00	1,40
V 180 x 220 g-n S		P	0,79	3,17	3,96	4,00	1,40

#### 5.5. Proračun toplinskih mostova (HRN EN ISO 14683)

Ako je potencijalni toplinski most projektiran u skladu s hrvatskom normom koja sadrži katalog dobrih rješenja toplinskih mostova i/ili se radi o izvedbi nove zgrade koja nije okarakterizirana kao "niskoenergetska ili pasivna", a svi građevni dijelovi vanjske ovojnice zgrade zadovoljavaju glede najviše dozvoljenih vrijednosti koeficijenta prolaska topline  $U$  W/(m<sup>2</sup>K), tada se može umjesto točnog proračuna, utjecaj toplinskih mostova uzeti u obzir povećanjem  $U$ , svakog građevnog dijela oplošja grijanog dijela zgrade za  $UTM=0,05$  W/(m<sup>2</sup>K).

## 5.6. Koeficijenti transmisijских gubitaka

Ukupni koeficijenti transmisijских gubitaka	
Koeficijent transmisijске izmjene topline prema vanjskom okolišu, $H_D$ [W/K]	901,160
Uprosječeni koeficijent transmisijске izmjene topline prema tlu, $H_{g,avg}$ [W/K]	158,565
Koeficijent transmisijске izmjene topline kroz negrijani prostor, $H_U$ [W/K]	126,664
Koeficijent transmisijске izmjene topline prema susjednoj zgradi, $H_A$ [W/K]	0,000
<b>Ukupni koeficijent transmisijске izmjene topline, <math>H_{Tr}</math> [W/K]</b>	<b>1186,388</b>

### 5.6.1. Gubici topline kroz vanjski omotač zgrade

Popis građevnih dijelova koji ulaze u proračun  $H_D$

Naziv građevnog dijela	$(U + 0,05) \cdot A$
Z1 g-v	436,985
Z3 n-v	4,845
K1 g-v	136,201
K2 n-v	26,553

### 5.6.2. Gubici topline kroz vanjske otvore

Definirani otvori na vanjskom omotaču zgrade:

Naziv otvora	n	$A_w$	$U_w$	$H_D$
P 100 x120 g-v	16,00	1,20	1,40	26,88
P 120 x120 g-v	20,00	1,44	1,40	40,32
P 140 x120 g-v	8,00	1,68	1,40	18,82
P 100 x120 g-v S	24,00	1,20	1,40	40,32
V 80 x 220 g-v	12,00	1,76	1,40	29,57
V 100 x 220 g-v	12,00	2,20	1,40	36,96
V 160 x 220 g-v	4,00	3,52	1,40	19,71
Vst 100 x 220 g-n	20,00	2,20	1,40	61,60
P 400 x 240 n-v S	4,00	9,60	1,40	53,76
Vul 240 x 240 n-v S	1,00	5,76	1,40	8,06
V 180 x 220 g-n S	4,00	3,96	1,40	22,18

### 5.6.3. Tablični pregled definiranih gubitaka kroz tlo

Gubitak	Tip građevnog dijela u odnosu na tlo	U [W/m <sup>2</sup> K]	H <sub>g</sub> [W/K]
G1	Podovi na tlu	0,22	141,11
G2	Podovi na tlu	0,16	17,46

Stacionarni koeficijenti transmisije izmjene prema tlu po mjesecima za proračun grijanja, H <sub>g,m,H</sub>												
Gubitak	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
G1	68,40	63,69	72,75	125,20	-2191,07	-138,38	-132,44	-88,01	-287,14	119,07	79,63	81,52
G2	6,66	6,20	7,09	12,21	-324,84	-21,75	-21,84	-14,45	-43,35	11,63	7,76	7,94

Stacionarni koeficijenti transmisije izmjene prema tlu po mjesecima za proračun hlađenja, H <sub>g,m,C</sub>												
Gubitak	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
G1	50,75	48,06	51,35	67,64	243,45	-533,77	-662,22	-185,81	757,02	60,99	53,31	57,00
G2	4,94	4,68	5,00	6,60	36,09	-83,88	-109,20	-30,51	114,28	5,96	5,20	5,55

### 5.6.4. Podovi na tlu

Gubitak	A	P	B	d <sub>t</sub>	R <sub>f</sub>	K.p.	ΔΨ	U <sub>0</sub>	U	d'	R'	R <sub>n</sub>	d <sub>n</sub>	R.i.	D	ψ <sub>g</sub>	H <sub>g</sub>
	[m <sup>2</sup> ]	[m]	[m]	[m]	[m <sup>2</sup> K/W]	[W/mK]	[W/mK]	[W/m <sup>2</sup> K]	[W/m <sup>2</sup> K]	[m]	[m]	[m <sup>2</sup> K/W]	[cm]		[m]	[W/mK]	[W/mK]
G1	393,48	87,78	8,97	5,13	2,22	2,00	0,00	0,22	0,22	0,00	0,00	0,00	0,00	(A)	0,00	0,60	141,11
G2	76,71	8,50	18,05	5,13	2,22	2,00	0,00	0,16	0,16	0,00	0,00	0,00	0,00	(B)	0,00	0,60	17,46

### 5.6.5. Gubici topline kroz negrijane prostore

R.b.	G.g.d.	G.o.	Z.	V [m <sup>3</sup> ]	n <sub>ue</sub>	b	H <sub>U</sub>
1	(I)	(a)	*	889,84	0,50	0,47	126,66

### 5.7. Proračun potrebne energije za grijanje i hlađenje (prema HRN EN 13790:2008)

Potrebni podaci	Oznaka	Vrijednost	Mjerna jedinica
Oplošje grijanog dijela zgrade	A	2351,43	[m <sup>2</sup> ]
Obujam grijanog dijela zgrade	V <sub>e</sub>	4957,85	[m <sup>3</sup> ]
Obujam grijanog zraka (Propis o uštedi energije i toplinskoj zaštiti, čl.4, st.11)	V	3966,28	[m <sup>3</sup> ]
Faktor oblika zgrade	f <sub>0</sub>	0,47	[m <sup>-1</sup> ]
Ploština korisne površine grijanog dijela zgrade	A <sub>K</sub>	1573,92	[m <sup>2</sup> ]
Površina kondicionirane (grijane i hlađene) zone računane s vanjskim dimenzijama	A <sub>f</sub>	317,65	[m <sup>2</sup> ]
Ukupna ploština pročelja	A <sub>uk</sub>	1686,12	[m <sup>2</sup> ]
Ukupna ploština prozora	A <sub>wuk</sub>	211,84	[m <sup>2</sup> ]

#### 5.5.1. Gubici topline kroz vanjske otvore

Uključivanje grijanja: Temperatura manja od 12 °C

##### a) Transmisijski gubici

Koeficijent transmisijskih gubitaka HT dobiven prema HRN EN ISO 13790	
$H_{Tr} = H_D + H_{g,avg} + H_U + H_A$	
H <sub>D</sub> - Koeficijent transmisijske izmjene topline prema vanjskom okolišu H <sub>g,avg</sub> - Uprosječni koeficijent transmisijske izmjene topline prema tlu H <sub>U</sub> - Koeficijent transmisijske izmjene topline prema negrijanom prostoru H <sub>A</sub> - Koeficijent transmisijske izmjene topline prema susjednoj zgradi	
H <sub>Tr</sub> - Koeficijent transmisijske izmjene topline	1186,388 [W/K]

##### b) gubici provjetravanjem

Proračun protoka zraka	
Referentna površina zone	A = 1573,92 [m <sup>2</sup> ]
Neto volumen zone	V = 3966,28 [m <sup>3</sup> ]
Broj izmjena zraka pri nametnutoj razlici tlaka od 50 Pa	n <sub>50</sub> = 2,00 [h <sup>-1</sup> ]
Površina kanala	A <sub>duct</sub> = 0,00 [m <sup>2</sup> ]
Površina kanala smještenih unutar zone	A <sub>indoorduct</sub> = 0,00 [m <sup>2</sup> ]
Faktor zaštićenosti zgrade od vjetra	e <sub>wind</sub> = 0,03 [-]
Faktor zaštićenosti zgrade od vjetra	f <sub>wind</sub> = 20,00 [-]
Dnevno vrijeme korištenja zone	t <sub>Kor</sub> = 15,00 [h]
Dnevni broj sati rada sustava mehaničke ventilacije	t <sub>v,mech</sub> = 17,00 [h]
Minimalno potrebni volumni protok vanjskog zraka po jedinici površine	V <sub>A</sub> = 0,00 [m <sup>3</sup> /(hm <sup>2</sup> )]
Minimalno potreban broj izmjena vanjskog zraka	n <sub>req</sub> = 0,50 [h <sup>-1</sup> ]



## c) Ukupni gubici topline

Način grijanja	
Sustavi s prekidom rada noću	$\theta_{\text{int,set.H}} = 20,00 \text{ [}^{\circ}\text{C]}$

## Mjesečni gubici topline [kWh]

Mjesec	Toplinski gubici hlađenja [kWh]	Toplinski gubici grijanja [kWh]	Koef. topl. gubitka za hlađenje [W/K]	Koef. topl. gubitka za grijanje [W/K]
Siječanj	18848,83	14194,07	1603,45	1616,78
Veljača	16844,95	12629,78	1597,04	1606,92
Ožujak	15383,69	10714,12	1590,54	1600,08
Travanj	10918,04	6446,02	1594,81	1625,32
Svibanj	5395,07	69,05	1726,53	464,04
Lipanj	386,45	0,00	5367,07	1546,32
Srpanj	0,00	0,00	1014,56	1498,10
Kolovoz	0,00	0,00	1569,38	1545,37
Rujan	4610,27	0,00	2276,68	1614,41
Listopad	7881,42	3151,39	1580,11	1566,37
Studen	13008,57	8483,23	1598,30	1613,09
Prosinac	17854,44	13227,31	1611,05	1631,69

## Godišnji gubici topline [kWh]

	Toplinski gubici hlađenja	Toplinski gubici grijanja
Godišnje	111131,73	68914,96

## 5.5.2. Toplinski dobitci

## a) Solarni dobitci

Solarni dobitci topline se računaju za definirane otvore i građevne dijelove u projektu. Otvori su prikazani pod točkom 5.4. ovoga elaborata. Građevni dijelovi su prikazani pod točkom 5.3. ovoga elaborata.

Solarni toplinski dobitci [kWh]												
Mjesec	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
$Q_{\text{sol,k}}$	1837	2146	2493	2928	1788	1833	1955	1939	1888	2816	1903	1761
$Q_{\text{sol,u,l}}$	-6	0	6	12	19	23	24	18	11	3	-4	-7
$Q_{\text{sol}}$	1831	2146	2499	2940	1807	1856	1979	1957	1899	2819	1899	1754

## b) Unutarnji dobitci topline

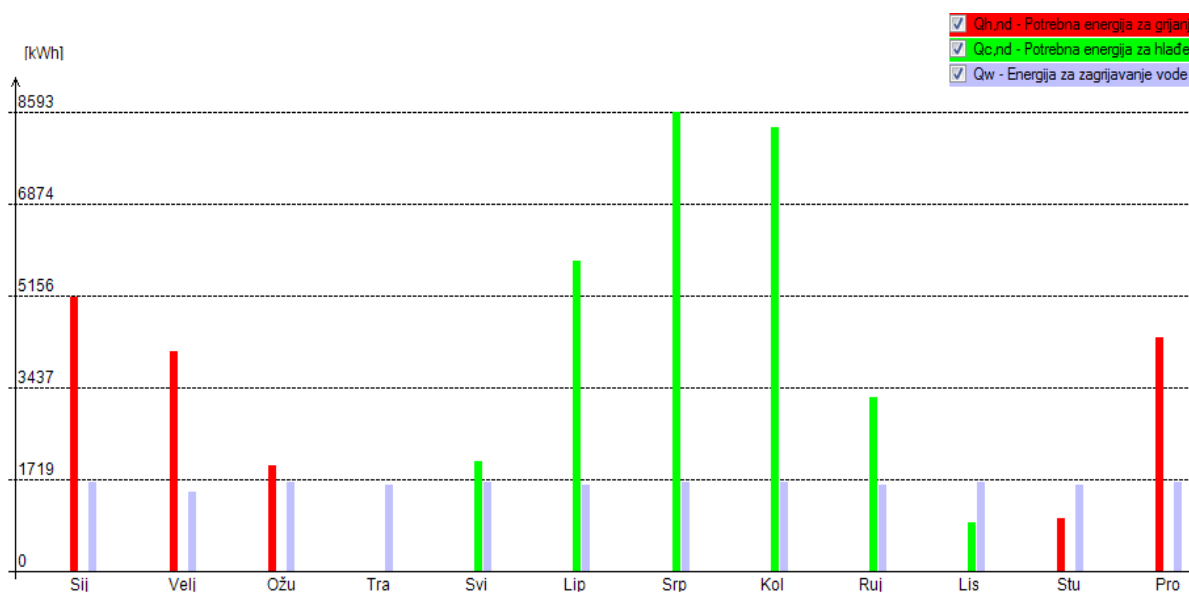
## Mjesečni unutarnji dobitci topline

Mj	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
$Q$	5.854,9	5.288,3	5.854,9	5.666,1	5.854,9	5.666,1	5.854,9	5.854,9	5.666,1	5.854,9	5.666,1	5.854,9

## c) Ukupni dobitci topline

Ukupni dobitci topline	
Unutarnji dobitci topline	$Q_{\text{int}} = 68.937,70 \text{ [kWh]}$
Solarni dobitci topline	$Q_{\text{sol}} = 25.386,28 \text{ [kWh]}$
Ostali dobitci topline	$Q' = 0,00 \text{ [MJ]}$

### 5.5.3. Proračun potrebne topline za grijanje i hlađenje



Slika 5.3. Potrošnja energije po mjesecima

### 5.5.4. Rezultati proračuna

Rezultati proračuna potrebne toplinske energije za grijanje i toplinske energije za hlađenje prema poglavlju VII. Tehničkog propisa o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama, za zgradu grijanu na temperaturu 18°C ili više

Oplošje grijanog dijela zgrade	$A = 2351,43 \text{ [m}^2\text{]}$
Obujam grijanog dijela zgrade	$V_e = 4957,85 \text{ [m}^3\text{]}$
Faktor oblika zgrade	$f_o = 0,47 \text{ [m}^{-1}\text{]}$
Ploština korisne površine grijanog dijela	$A_k = 1573,92 \text{ [m}^2\text{]}$
Godišnja potrebna toplota za grijanje	$Q_{H,nd} = 16668,49 \text{ [kWh/a]}$
Godišnja potrebna toplota za grijanje po jedinici ploštine korisne površine (za stambene i nestambene zgrade)	$Q''_{H,nd} = 10,59 \text{ (max = 31,66) [kWh/m}^2\text{a]}$
Godišnja potrebna toplota za grijanje po jedinici obujma grijanog dijela zgrade (za nestambene zgrade prosječne visine etaže veće od 4.2m)	$Q'_{H,nd} = - \text{ (max = -) [kWh/m}^3\text{ a]}$
Godišnja potrebna energija za hlađenje	$Q_{C,nd} = 28967,24 \text{ [kWh/a]}$
Ukupna isporučena energija	$E_{del} = 20330,44 \text{ [kWh/a]}$
Godišnja isporučena energija po jedinici ploštine korisne površine	$E''_{del} = 12,92 \text{ [kWh/m}^2\text{ a]}$
Ukupna primarna energija	$E_{prim} = 32813,33 \text{ [kWh/a]}$
Ukupna primarna energija po jedinice ploštine korisne površine	$E''_{prim} = 20,85 \text{ (max = 90,00) [kWh/m}^2\text{ a]}$
Koeficijent transmisijskog toplinskog gubitka po jedinici oplošja grijanog dijela zgrade	$H'_{tr,adj} = 0,50 \text{ (max = 0,77) [W/m}^2\text{ K]}$
Koeficijent transmisijskog toplinskog gubitka	$H_{tr,adj} = 1186,39 \text{ [W/K]}$

**ISKAZNICA ENERGETSKIH SVOJSTAVA ZGRADE**

prema poglavlju VI Tehničkog propisa o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama, za zgradu grijanu na temperaturu 18 °C ili više

<b>OPIS ZGRADE</b>	
Naziv zgrade ili dijela zgrade	Višestambena
Vrsta zgrade	Višestambena
Namjena zgrade	Stambeni dio
Mjesec i godina izrade projekta	Travanj 2019. godine
Oplošje grijanog dijela zgrade $A$ (m <sup>2</sup> )	2351,43
Obujam grijanog dijela zgrade $V_e$ (m <sup>3</sup> )	4957,85
Faktor oblika zgrade $f_o$ (m <sup>-1</sup> )	0,47
Ploština korisne površine grijanog dijela zgrade $A_K$ (m <sup>2</sup> )	1573,92
Način grijanja (lokalno, etažno, centralno, mješovito)	Lokalno
Prosječna unutarnja projektna temperatura grijanja °C	20,00
Prosječna unutarnja projektna temperatura hlađenja °C	24,00
Meteorološka postaja s nadmorskom visinom	Split Marjan (122,00 m n.v.)
Srednja mjesečna temperatura vanjskog zraka najhladnijeg mjeseca na lokaciji zgrade $\theta_{e,mj,min}$ (°C)	8,50
Srednja mjesečna temperatura vanjskog zraka najtoplijeg mjeseca na lokaciji zgrade $\theta_{e,mj,max}$ (°C)	25,00

POTREBNA TOPLINSKA ENERGIJA ZA GRIJANJE I HLAĐENJE ZGRADE		
Godišnja potrebna toplinska energija za grijanje $Q_{H,nd}$ [kWh/a]	16668,49	
Godišnja potrebna toplinska energija za grijanje po jedinici ploštine korisne površine grijanog dijela zgrade $Q''_{H,nd}$ [kWh/(m <sup>2</sup> a)]	<i>najveća dopuštena</i>	<i>izračunata</i>
	31,66	10,59
Godišnja potrebna toplinska energija za hlađenje $Q_{C,nd}$ [kWh/a]	28967,24	
Godišnja potrebna toplinska energija za hlađenje po jedinici ploštine korisne površine grijanog dijela zgrade $Q''_{C,nd}$ [kWh/(m <sup>2</sup> a)]	<i>najveća dopuštena</i>	<i>izračunata</i>
	50,00	18,40
Koeficijent transmisijskog toplinskog gubitka po jedinici oplošja grijanog dijela zgrade $H_{tr,adj}$ [W/(m <sup>2</sup> K)]	<i>najveći dopušteni</i>	<i>izračunati</i>
	0,77	0,50

## 6. ZAKLJUČAK

Za zadani zidani objekt od blok opeke proveden je proračun, koristeći pravila za jednostavne zidane zgrade, s dobivenim vrijednostima reznih sila u računalnom programu SCIA Engineer 18.1. Proračun smo izvršili na način da smo pretpostavili debljinu nosivih zidova, te ih provjerili na vertikalno i potresno djelovanje .

Na temelju rezultata dobivenih proračunom možemo vidjeti da konstrukcija zadovoljava uvjete s gledišta nosivosti na vertikalno i horizontalno djelovanje, zahvaljujući poprilično simetričnom tlocrtu te dovoljnom udjelu nosivih zidova u dva okomita smjera .

Temelji su izvedeni kao temeljne trake s nadtemeljnim zidovima, a širina se određuje na temelju kontaktnih naprezanja koja se javljaju na plohi temelj-tlo koja su ograničena računskom nosivosti tla na taj način dobili smo ujednačena slijeganja temelja .

U računalnom programu KI EXPERT PLUS je izvršen proračun fizike zgrade. Sve obodne konstrukcije (detaljno opisane u slojevima konstrukcija) predviđene su tako da se postižu zadovoljavajuće vrijednosti toplinske zaštite, da konstrukcije izložene velikim temperaturnim promjenama budu stabilne, te da unutar sastava obodnih konstrukcija ne dolazi do stvaranja kondenzata vodene pare koji se neće moći isušiti.

## **7. PRILOZI**

Prilog 1 – Tlocrt temelja M 1:100

Prilog 2 – Tlocrt prizemlja M 1:100

Prilog 3 – Tlocrt kata M 1:100

Prilog 4 – Presjek 1-1 M 1:100

Prilog 5 – Presjek 2-2 M 1:100

Prilog 6 – Sjeverno pročelje M 1:100

Prilog 7 – Južno pročelje M 1:100

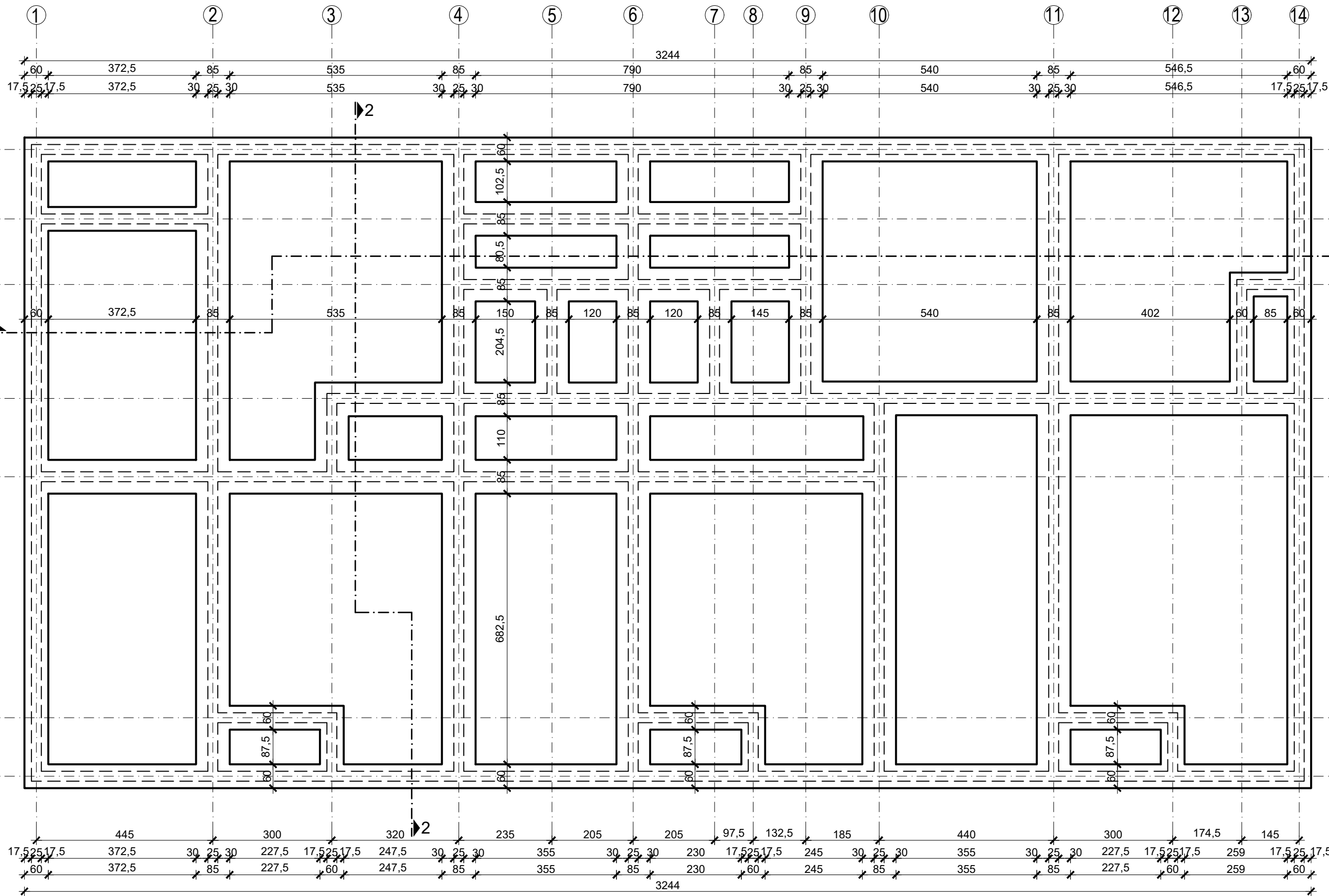
Prilog 8 – Istočno i zapadno pročelje M 1:100

Prilog 9 – Armatura ploče donja zona M 1:100

Prilog 10 – Armatura ploče gornja zona M 1:100

Prilog 11 – Presjek zida E10-G10 M 1:25

Prilog 12 – Uzdužni presjek zida E10-G10 M 1:25



TLOCRT TEMELJA  
M 1:100



SVEUČILIŠTE U SPLITU  
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA,  
ARHITEKTURE I GEODEZIJE

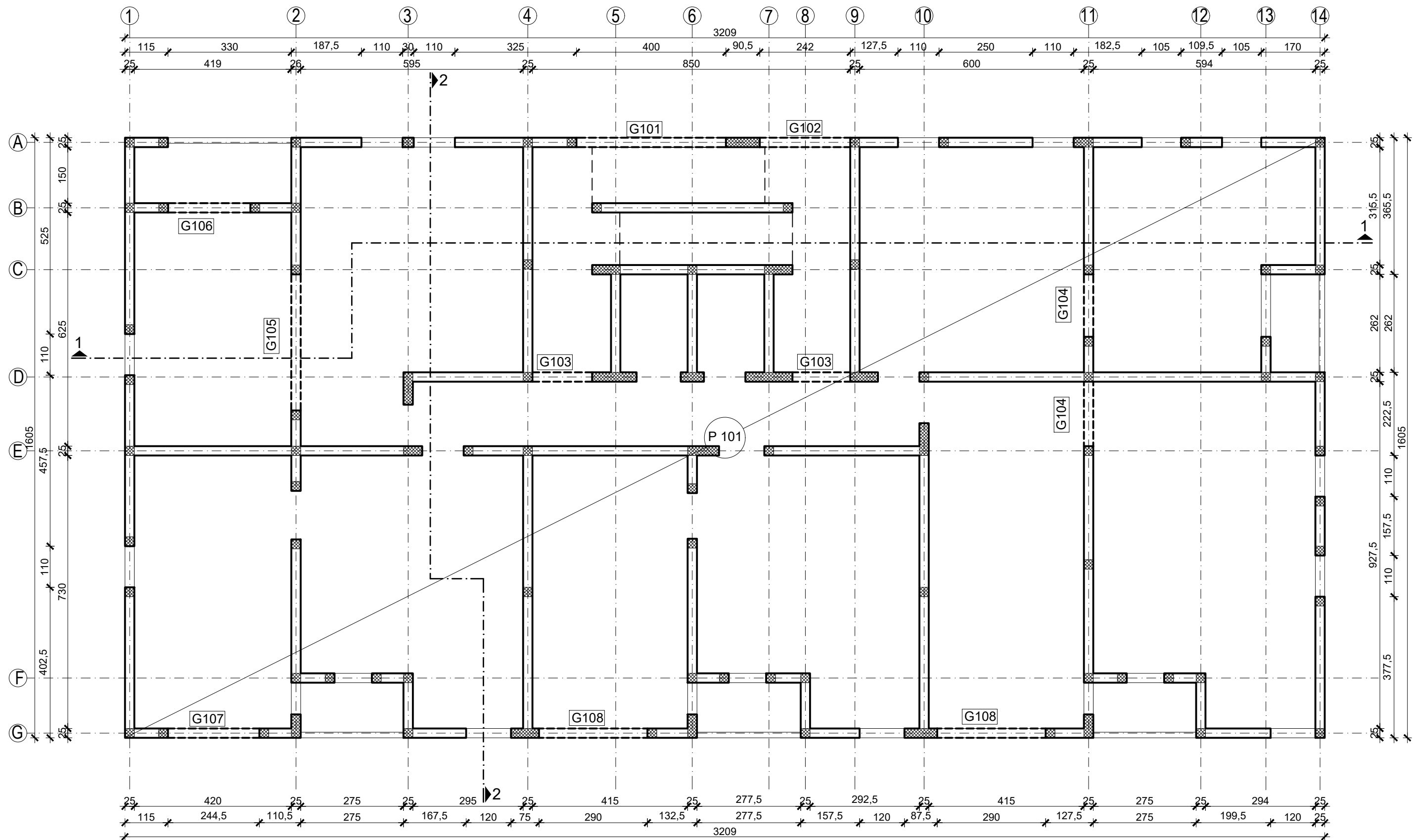
UNIVERSITY OF SPLIT  
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING,  
ARCHITECTURE AND GEODESY

DIPLOMSKI RAD

Proračun nosive konstrukcije i fizike zgrade  
stambenog zidanog objekta

Student :	Mentor :
Vedran Rimac	Doc.dr.sc. Ivan Balić Komentor : Doc.dr.sc. Nikolina Živaljić

Sadržaj :	Tlocrt temelja	Prilog :	1
Datum :	19.7.2019	Mjerilo :	M 1:100



TLOCRT PRIZEMLJA  
M 1:100



SVEUČILIŠTE U SPLITU  
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA,  
ARHITEKTURE I GEODEZIJE

UNIVERSITY OF SPLIT  
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING,  
ARCHITECTURE AND GEODESY

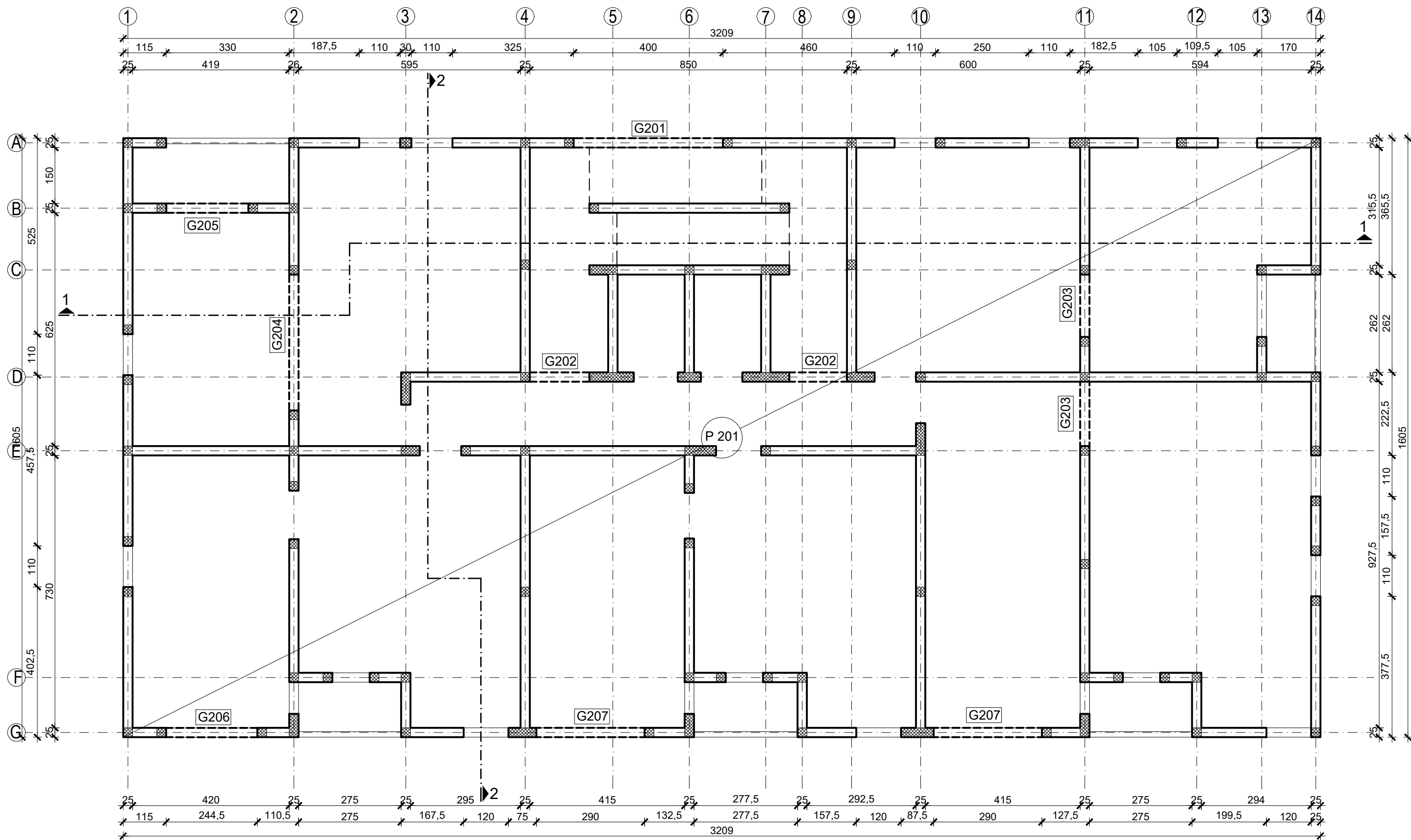
## DIPLOMSKI RAD

Proračun nosive konstrukcije i fizike zgrade  
stambenog zidanog objekta

Student :	Vedran Rimac	Mentor :	Doc.dr.sc. Ivan Balić
		Komentor :	Doc.dr.sc. Nikolina Živaljić

Sadržaj :	Tlocrt prizemlja	Prilog :	2
Datum :	19.7.2019	Mjerilo :	M 1:100





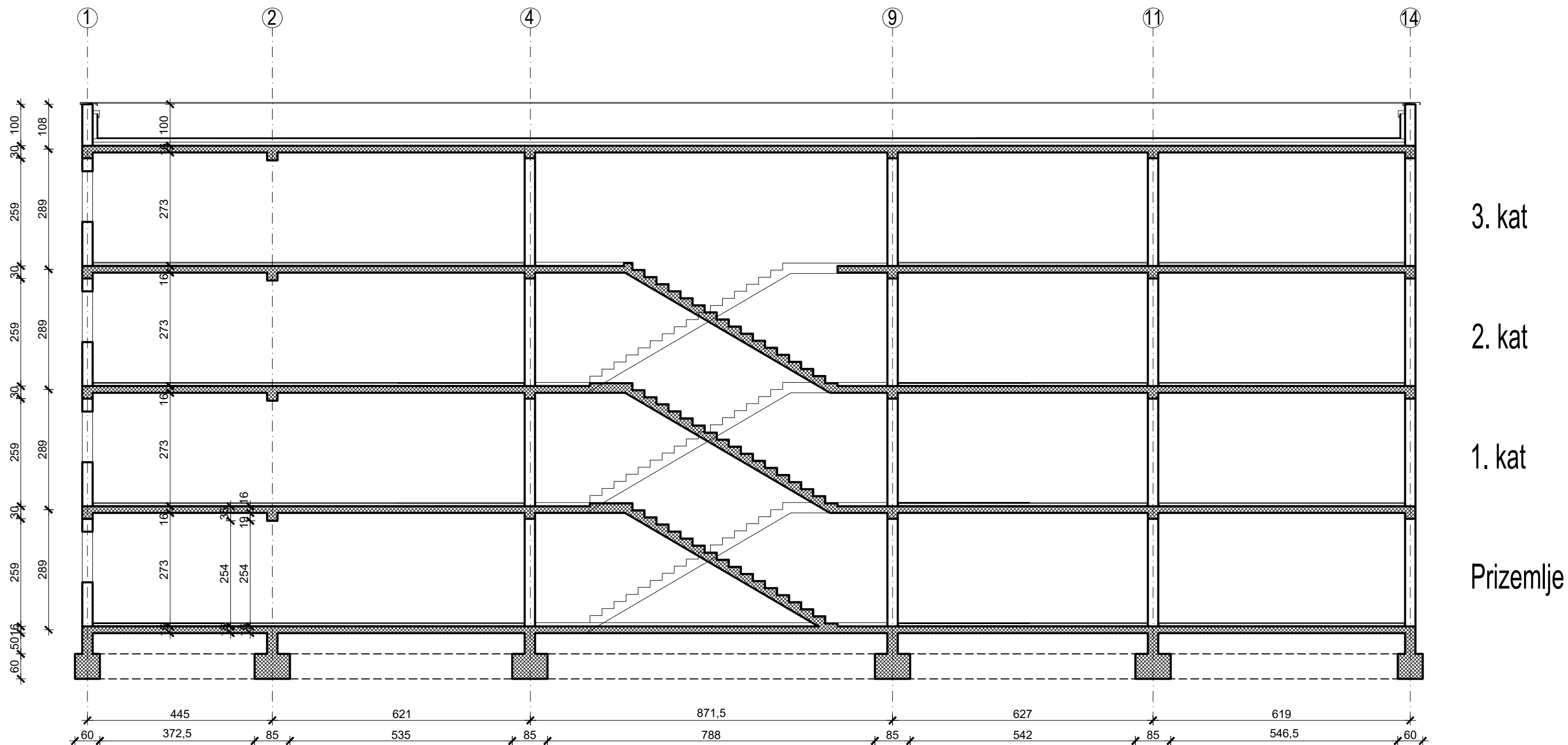
TLOCRT KATA  
M 1:100




**SVEUČILIŠTE U SPLITU**  
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA,  
ARHITEKTURE I GEODEZIJE  
  
**UNIVERSITY OF SPLIT**  
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING,  
ARCHITECTURE AND GEODESY

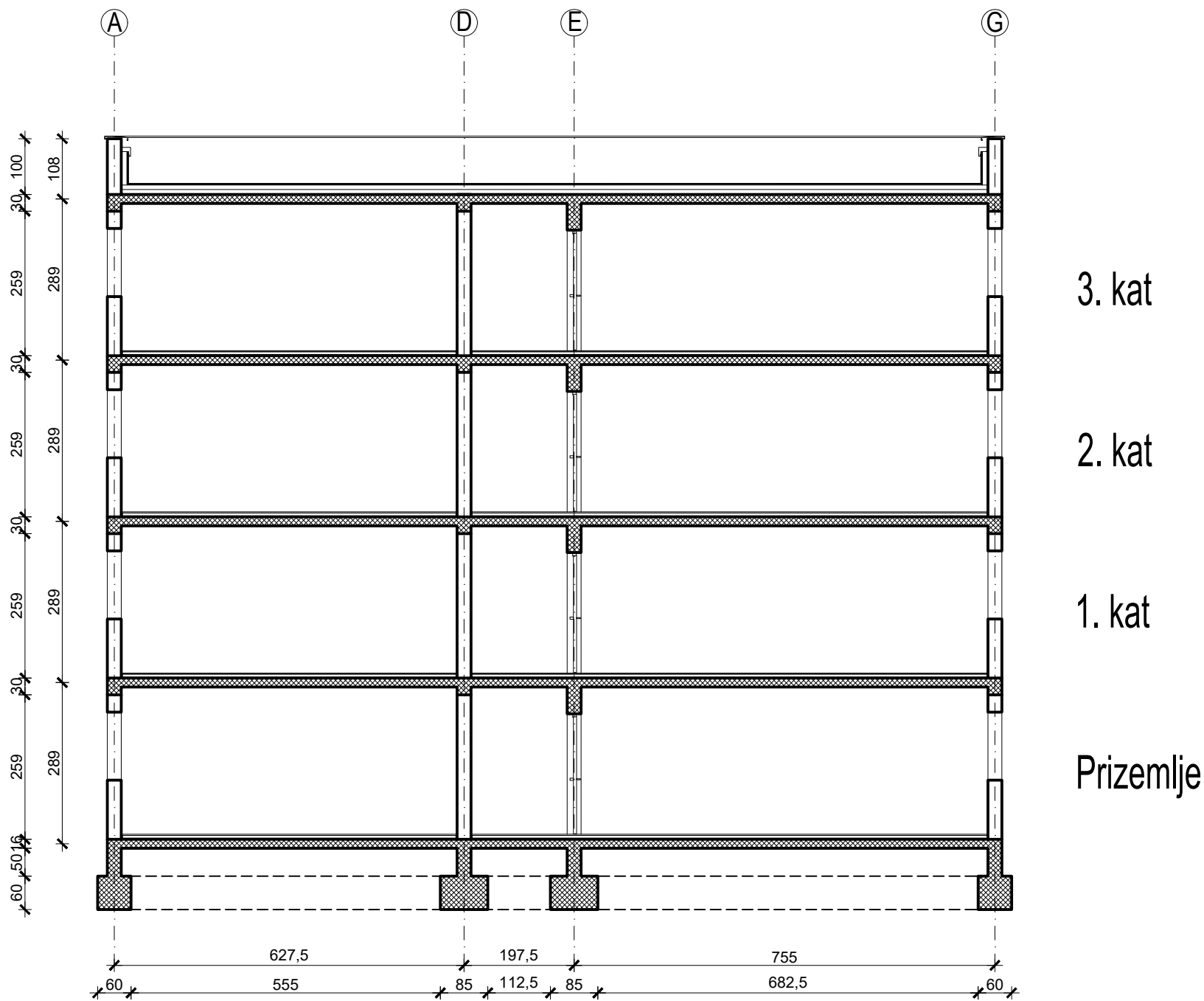
DIPLOMSKI RAD			
Proračun nosive konstrukcije i fizike zgrade stambenog zidanog objekta			
Student : Vedran Rimac		Mentor : Doc.dr.sc. Ivan Balić Komentor : Doc.dr.sc. Nikolina Živaljić	
Sadržaj :	Tlocrt kata	Prilog :	3
Datum :	19.7.2019	Mjerilo :	M 1:100

PRESJEK 1-1  
M 1:100



 <b>SVEUČILIŠTE U SPLITU</b> FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE  <b>UNIVERSITY OF SPLIT</b> FACULTY OF CIVIL ENGINEERING, ARCHITECTURE AND GEODESY	DIPLOMSKI RAD			
	Proračun nosive konstrukcije i fizike zgrade stambenog zidanog objekta			
Student : Vedran Rimac		Mentor : Doc.dr.sc. Ivan Balić Komentor : Doc.dr.sc. Nikolina Živaljić		
Sadržaj :	Presjek 1-1	Prilog :	4	
Datum :	19.7.2019	Mjerilo :	M 1:100	

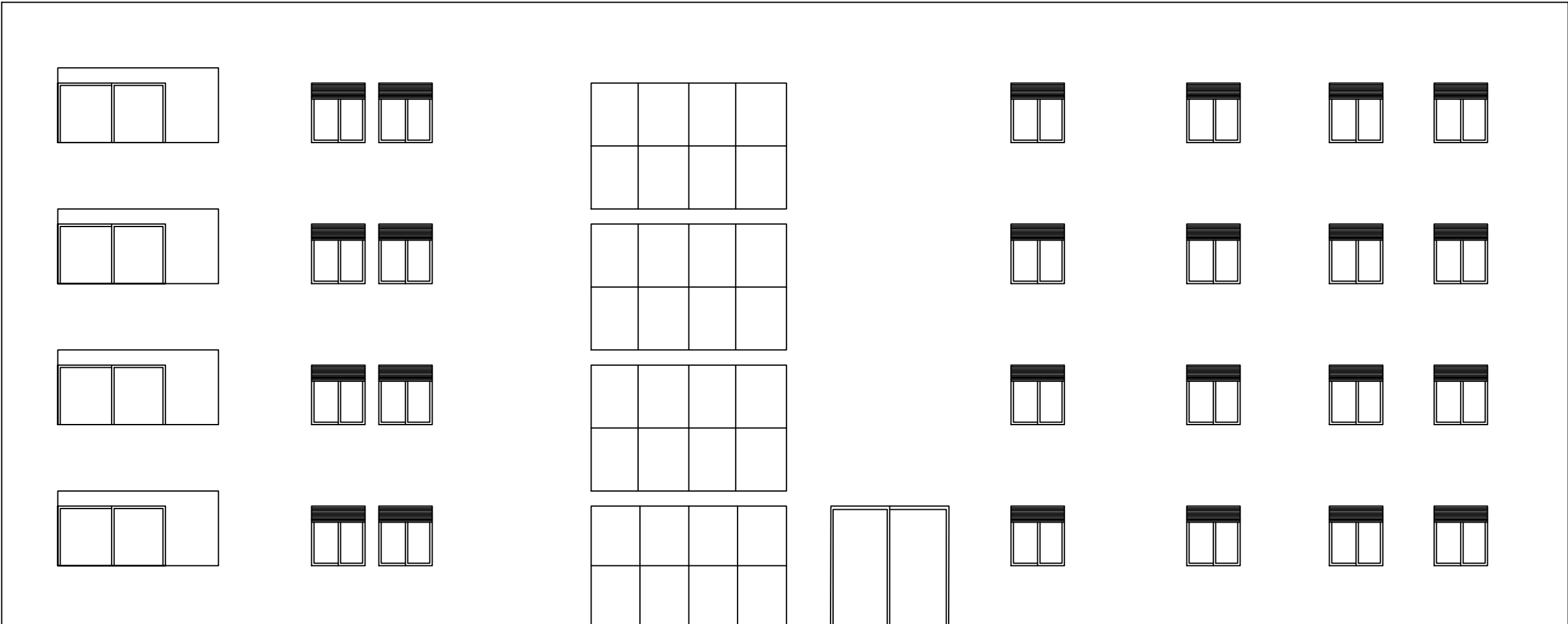
PRESJEK 2-2  
M 1:100



SVEUČILIŠTE U SPLITU  
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA,  
ARHITEKTURE I GEODEZIJE  
  
UNIVERSITY OF SPLIT  
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING,  
ARCHITECTURE AND GEODESY

DIPLOMSKI RAD			
Proračun nosive konstrukcije i fizike zgrade stambenog zidanog objekta			
Student : Vedran Rimal		Mentor : Doc.dr.sc. Ivan Balić Komentor : Doc.dr.sc. Nikolina Živaljić	
Sadržaj :	Presjek 2-2	Prilog :	5
Datum :	19.7.2019	Mjerilo :	M 1:100

SJEVERNO PROČELJE  
M 1:100



SVEUČILIŠTE U SPLITU  
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA,  
ARHITEKTURE I GEODEZIJE

UNIVERSITY OF SPLIT  
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING,  
ARCHITECTURE AND GEODESY

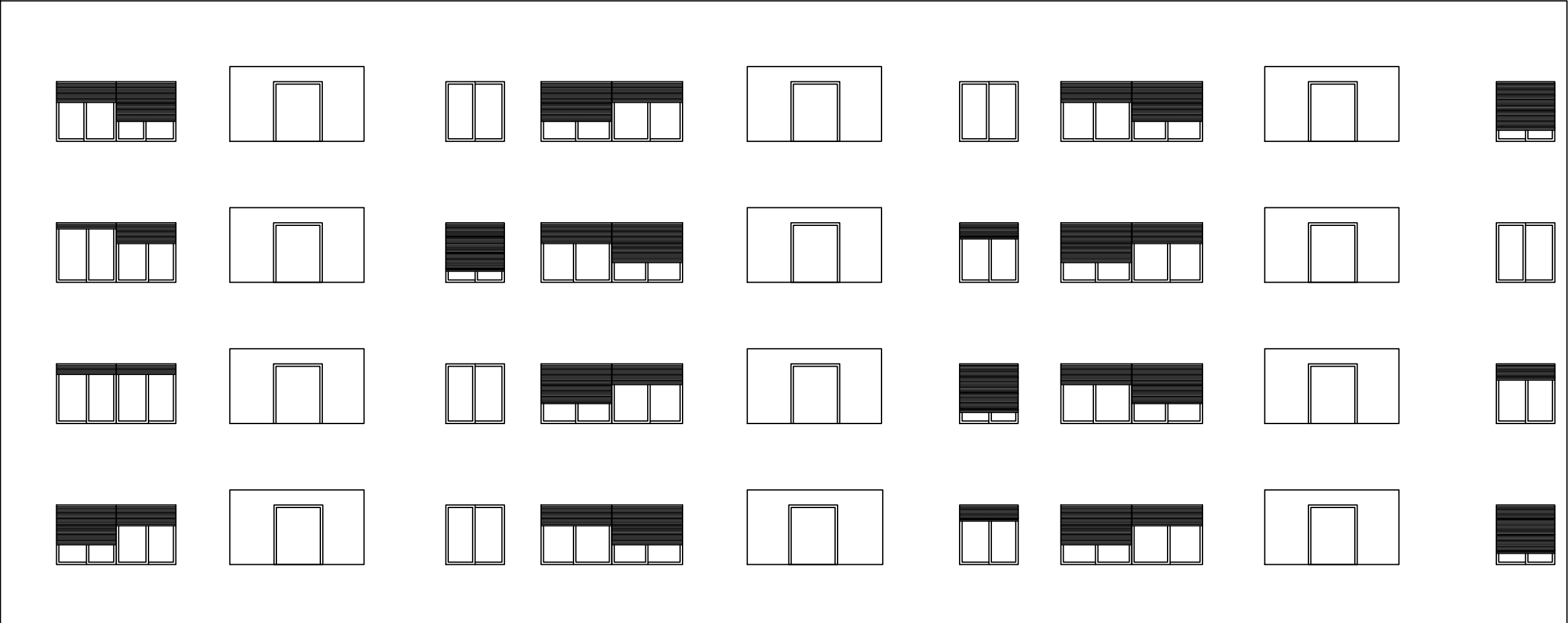
DIPLOMSKI RAD


Proračun nosive konstrukcije i fizike zgrade  
stambenog zidanog objekta

Student : Vedran Rimac  
Mentor : Doc.dr.sc. Ivan Balić  
Komentor : Doc.dr.sc. Nikolina Živaljić

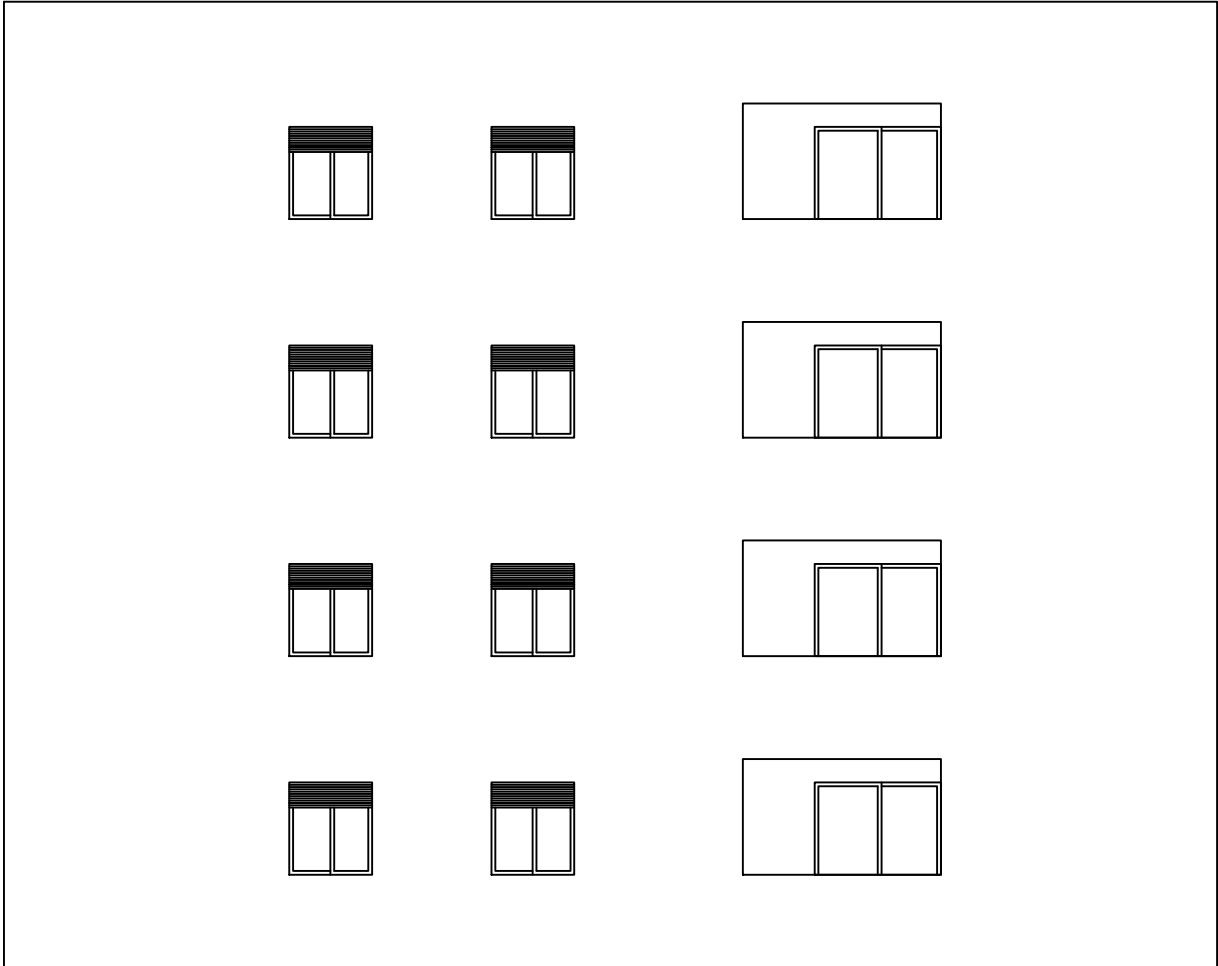
Sadržaj : Sjeverno pročelje  
Datum : 19.7.2019  
Prilog : 6  
Mjerilo : M 1:100

JUŽNO PROČELJE  
M 1:100

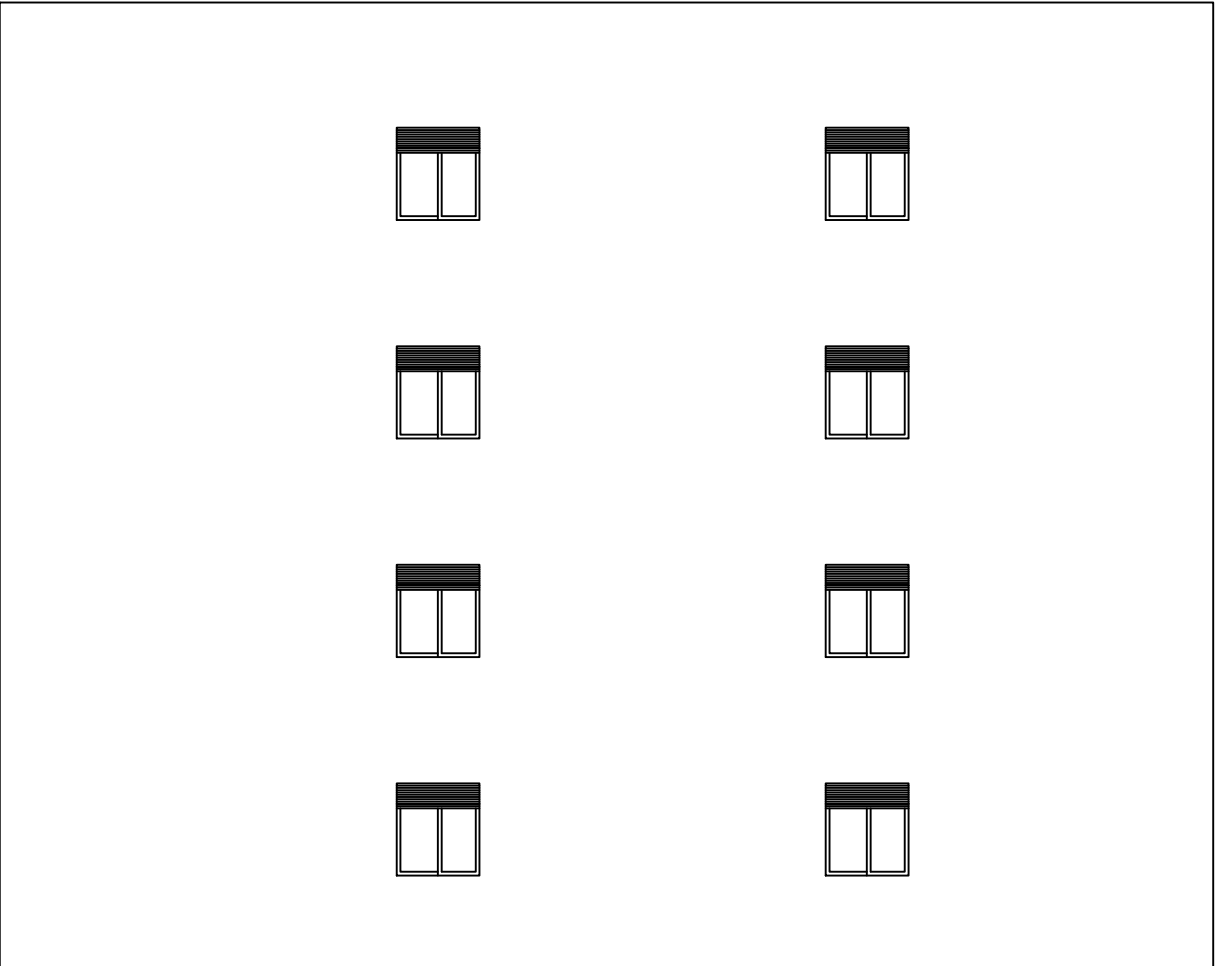



 <b>SVEUČILIŠTE U SPLITU</b> FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE  <b>UNIVERSITY OF SPLIT</b> FACULTY OF CIVIL ENGINEERING, ARCHITECTURE AND GEODESY	DIPLOMSKI RAD			
	Proračun nosive konstrukcije i fizike zgrade stambenog zidanog objekta			
Student : Vedran Rimać		Mentor : Doc.dr.sc. Ivan Balić Komentor : Doc.dr.sc. Nikolina Živaljić		
Sadržaj :	Južno pročelje	Prilog :	7	
Datum :	19.7.2019	Mjerilo :	M 1:100	

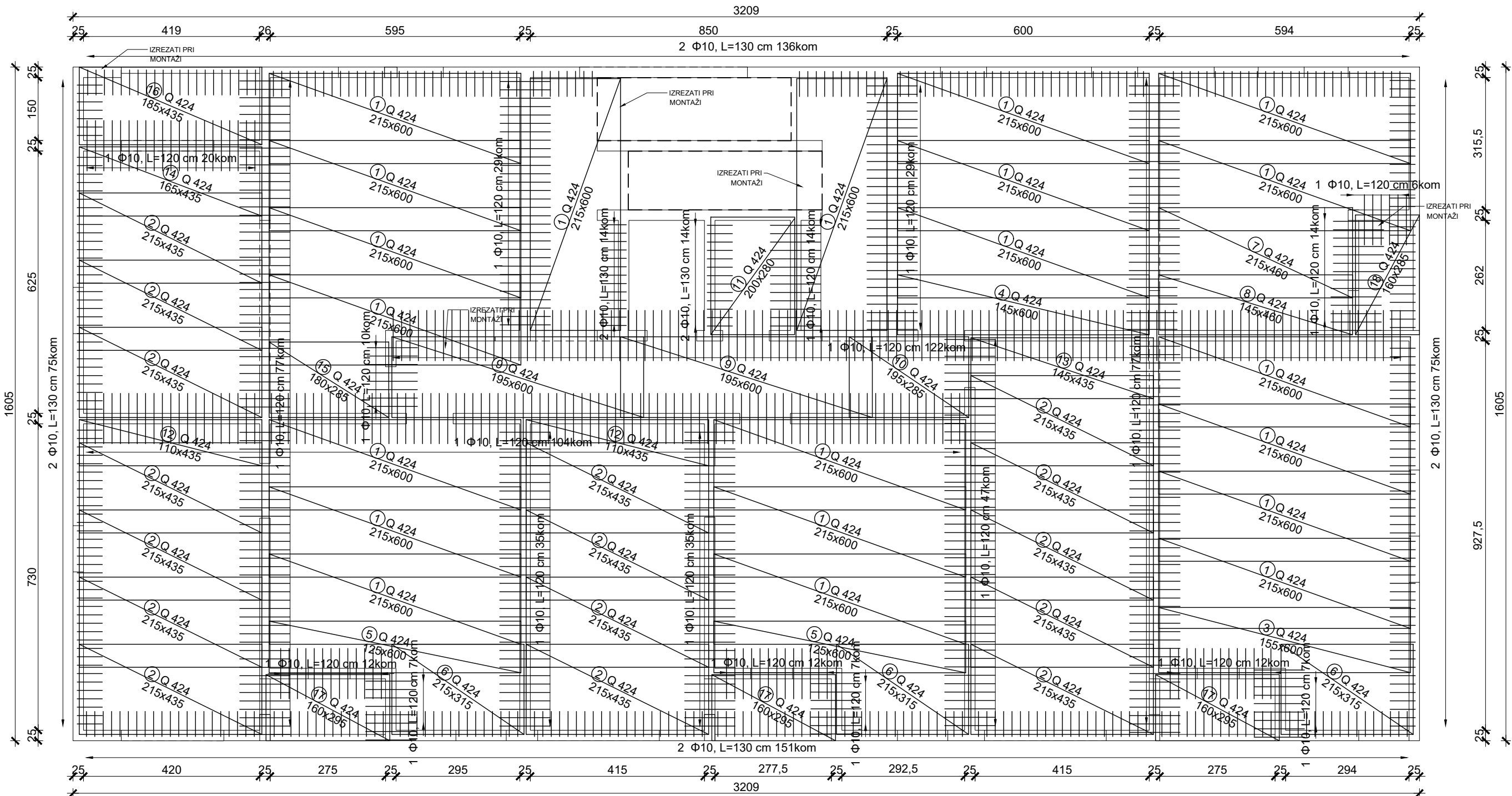
ISTOČNO PROČELJE  
M 1:100



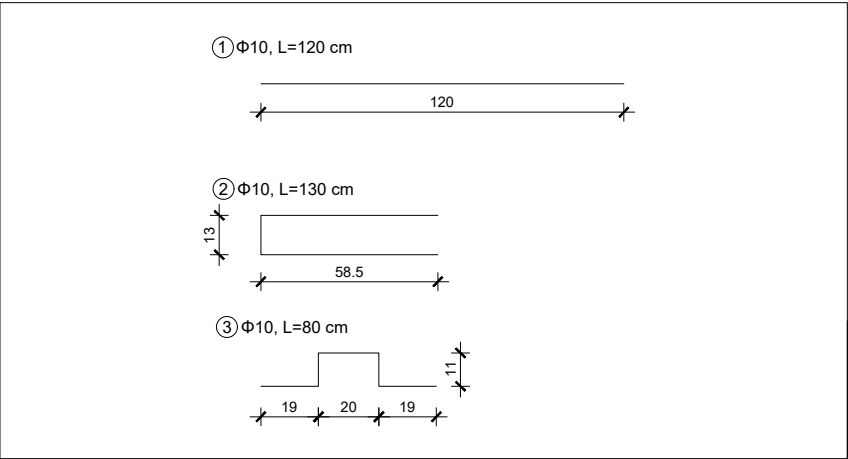
ZAPADNO PROČELJE  
M 1:100



 <b>SVEUČILIŠTE U SPLITU</b> FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE  <b>UNIVERSITY OF SPLIT</b> FACULTY OF CIVIL ENGINEERING, ARCHITECTURE AND GEODESY	DIPLOMSKI RAD			
	Proračun nosive konstrukcije i fizike zgrade stambenog zidanog objekta			
Student : Vedran Rimac		Mentor : Doc.dr.sc. Ivan Balić Komentor : Doc.dr.sc. Nikolina Živaljić		
Sadržaj :	Istočno i zapadno pročelje	Prilog :	8	
Datum :	19.7.2019	Mjerilo :	M 1:100	



ISKAZ MREŽASTE ARAMTURAE B 500B							UKUPNA MASA :	3.949,31
18	Q 424 - 160 x 285	1	160	285	6,81	31,05	31,05	
17	Q 424 - 160 x 295	3	160	295	6,81	32,14	96,43	
16	Q 424 - 185 x 435	1	185	435	6,81	54,80	54,80	
15	Q 424 - 180 x 285	1	180	285	6,81	34,94	34,94	
14	Q 424 - 165 x 435	1	165	435	6,81	48,88	48,88	
13	Q 424 - 145 x 435	1	145	435	6,81	42,95	42,95	
12	Q 424 - 110 x 435	2	110	435	6,81	32,59	65,17	
11	Q 424 - 200 x 280	1	200	280	6,81	38,14	38,14	
10	Q 424 - 195 x 285	1	195	285	6,81	37,85	37,85	
9	Q 424 - 195 x 600	2	195	600	6,81	79,68	159,35	
8	Q 424 - 145 x 460	1	145	460	6,81	45,42	45,42	
7	Q 424 - 215 x 460	1	215	460	6,81	67,35	67,35	
6	Q 424 - 215 x 315	3	215	315	6,81	46,12	138,36	
5	Q 424 - 125 x 600	2	125	600	6,81	51,08	102,15	
4	Q 424 - 145 x 600	1	145	600	6,81	59,25	59,25	
3	Q 424 - 155 x 600	1	155	600	6,81	63,33	63,33	
2	Q 424 - 215 x 435	16	215	435	6,81	63,69	1.019,05	
1	Q 424 - 215 x 600	21	215	600	6,81	87,85	1.844,83	
POZ.	TIP MREŽE	KOM.	d [cm]	l [cm]	[kg/m']	[kg/kom]	[kg]	



ISKAZ REBRASTE ARAMTURAE B 500B						UKUPNA MASA :	817,44
3	Ø10 - 80	257	10	80	0,649	0,41	104,75
2	Ø10 - 130	465	10	130	0,649	0,66	307,97
1	Ø10 - 120	662	10	120	0,649	0,61	404,72
POZ.	TIP MREŽE	KOM.	Ø [mm]	l [cm]	[kg/m']	[kg/kom]	[kg]

## TLOCRT ARMATURE DONJA ZONA M 1:100

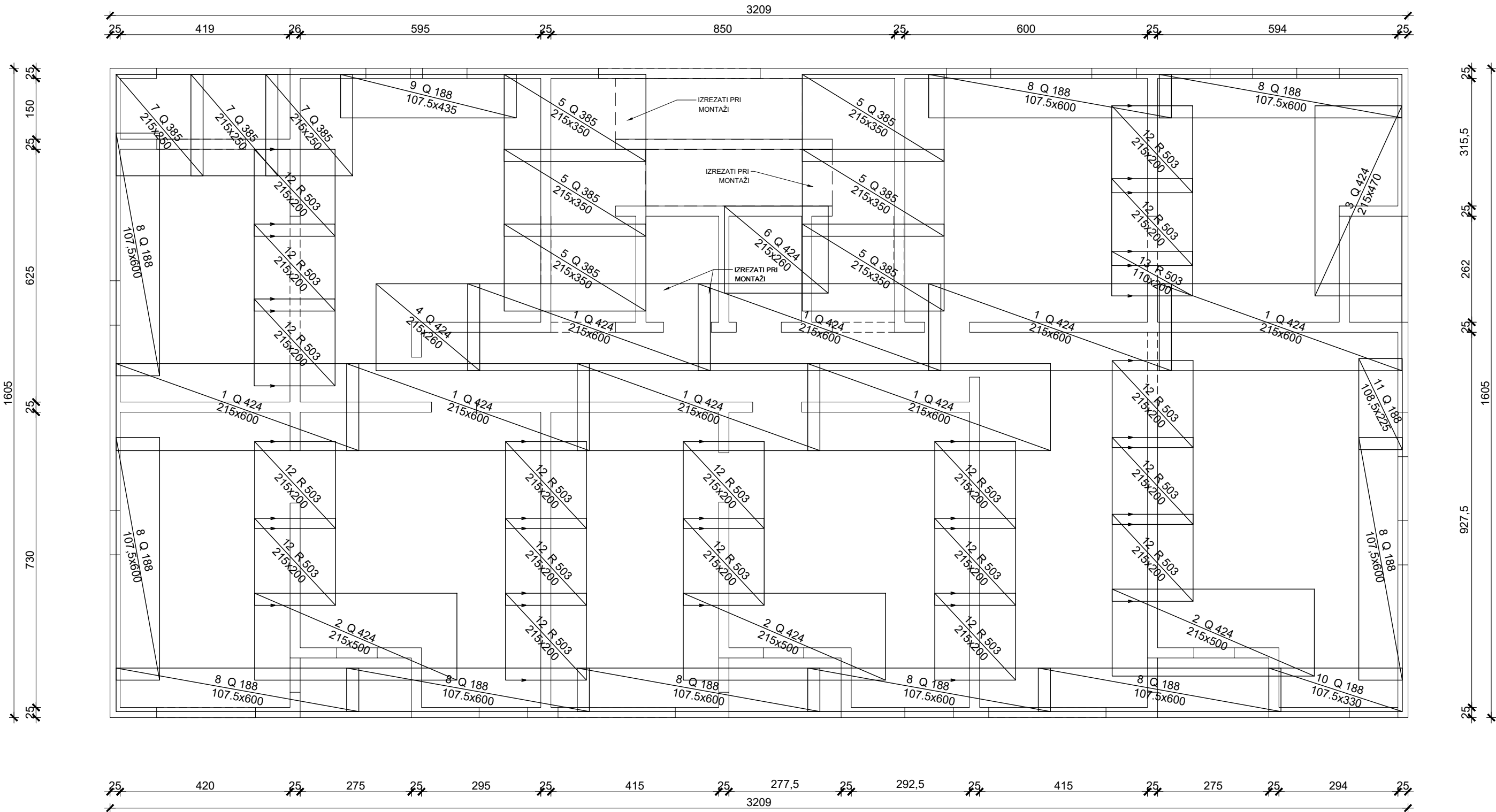


SVEUČILIŠTE U SPLITU  
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA,  
ARHITEKTURE I GEODEZIJE  
UNIVERSITY OF SPLIT  
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING,  
ARCHITECTURE AND GEODESY

### DIPLOMSKI RAD


Proračun nosive konstrukcije i fizike zgrade  
stambenog zidanog objekta

Student : Vedran Rimac		Mentor : Doc.dr.sc. Ivan Balić Komentor : Doc.dr.sc. Nikolina Živaljić	
Sadržaj :	Armatura ploče donja zona	Prilog :	9
Datum :	19.7.2019	Mjerilo :	M 1:100



ISKAZ MREŽASTE ARAMTURAE B 500B				UKUPNA MASA :			2.056,35
13	R 503 - 110 x 200	1	110	200	4,89	10,76	10,76
12	R 503 - 215 x 200	18	215	200	4,89	21,03	378,49
11	Q 188 - 107,5 x 225	1	108	225	3,06	7,40	7,40
10	Q 188 - 107,5 x 330	1	108	330	3,06	10,86	10,86
9	Q 188 - 107,5 x 435	1	108	435	3,06	14,31	14,31
8	Q 188 - 107,5 x 600	10	108	600	3,06	19,74	197,37
7	Q 385 - 215 x 250	3	215	250	6,10	32,79	98,36
6	Q 385 - 215 x 260	1	215	260	6,10	34,10	34,10
5	Q 385 - 215 x 350	6	215	350	6,10	45,90	275,42
4	Q 424 - 215 x 260	1	215	260	6,81	38,07	38,07
3	Q 424 - 215 x 470	1	215	470	6,81	68,82	68,82
2	Q 424 - 215 x 500	3	215	500	6,81	73,21	219,62
1	Q 424 - 215 x 600	8	215	600	6,81	87,85	702,79
POZ.	TIP MREŽE	KOM.	d [cm]	l [cm]	[kg/m <sup>3</sup> ]	[kg/kom]	[kg]

# TLOCRT ARMATURE GORNJA ZONA M 1:100



**SVEUČILIŠTE U SPLITU**  
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA,  
ARHITEKTURE I GEODEZIJE

**UNIVERSITY OF SPLIT**  
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING,  
ARCHITECTURE AND GEODESY

**DIPLOMSKI RAD**

Proračun nosive konstrukcije i fizike zgrade  
stambenog zidanog objekta

Student :  
Vedran Rimac

Mentor : Doc.dr.sc. Ivan Balić  
Komentor : Doc.dr.sc. Nikolina Živaljić

Sadržaj :  
Datum :

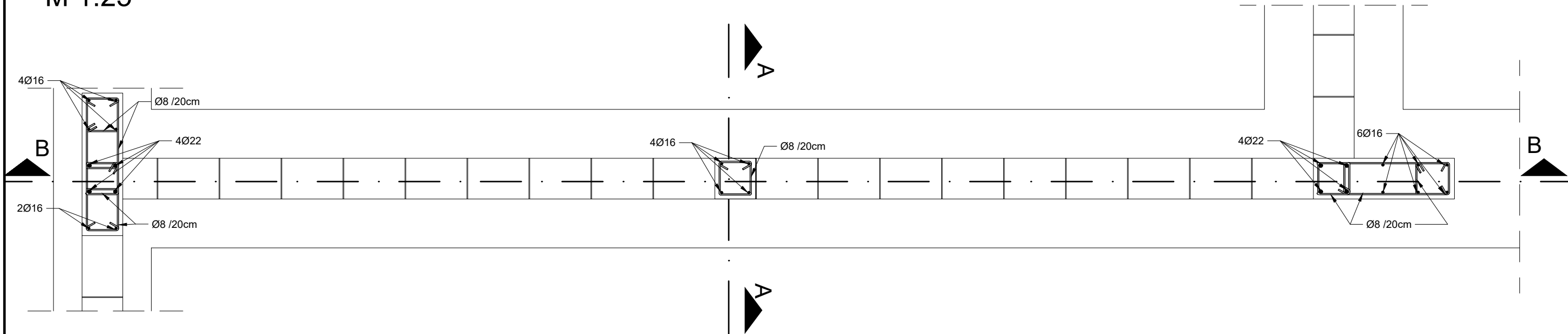
Armatura ploče gornja zona  
19.7.2019

Prilog :  
Mjerilo :

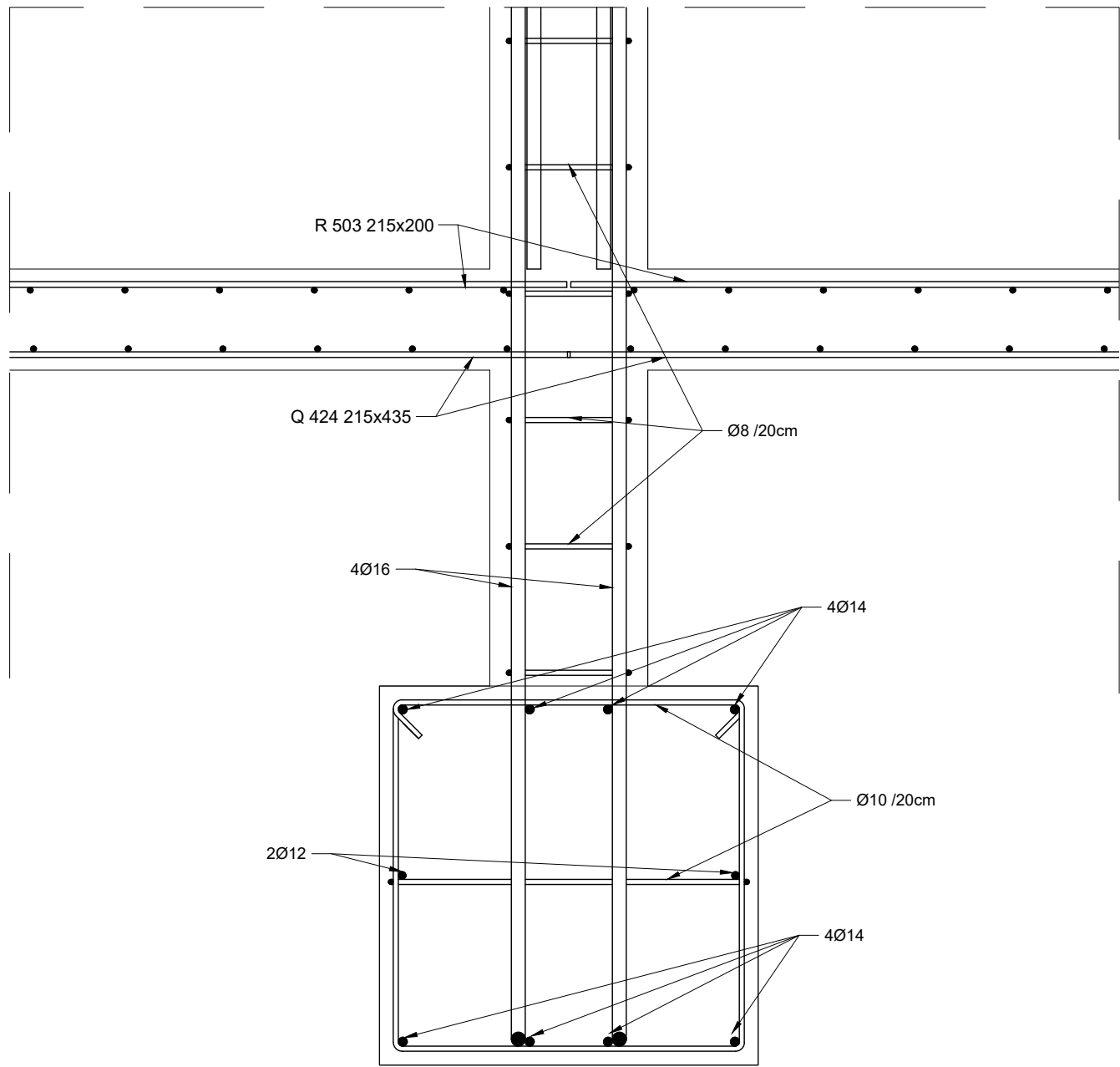
10  
M 1:100



TLOCRT ZIDA E10-G10  
M 1:25



PRESJEK A-A  
M 1:10



SVEUČILIŠTE U SPLITU  
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA,  
ARHITEKTURE I GEODEZIJE

UNIVERSITY OF SPLIT  
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING,  
ARCHITECTURE AND GEODESY

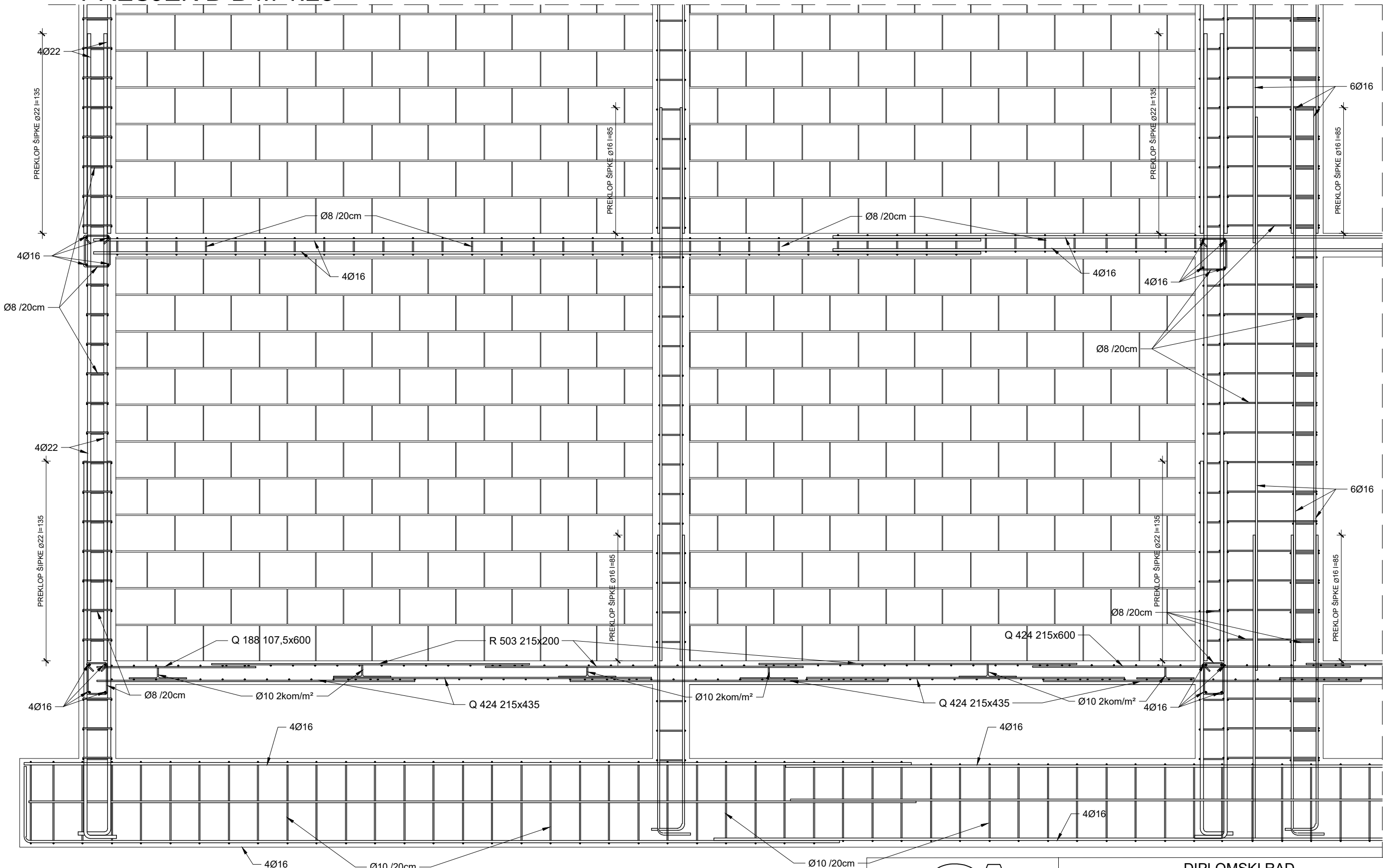
DIPLOMSKI RAD

Proračun nosive konstrukcije i fizike zgrade  
stambenog zidanog objekta

Student :	Vedran Rimac	Mentor :	Doc.dr.sc. Ivan Balić
		Komentor :	Doc.dr.sc. Nikolina Živaljić

Sadržaj :	Presjek zida E10-G10	Prilog :	11
Datum :	19.7.2019	Mjerilo :	M 1:25 ;10

PRESJEK B-B M 1:25



**SVEUČILIŠTE U SPLITU**  
**FAKULTET GRAĐEVINARSTVA,**  
**ARHITEKTURE I GEODEZIJE**  
  
**UNIVERSITY OF SPLIT**  
**FACULTY OF CIVIL ENGINEERING,**  
**ARCHITECTURE AND GEODESY**

DIPLOMSKI RAD			
Proračun nosive konstrukcije i fizike zgrade stambenog zidanog objekta			
Student : Vedran Rimac		Mentor : Doc.dr.sc. Ivan Balić Komentor : Doc.dr.sc. Nikolina Živaljić	
Sadržaj :	Uzdužni presjek zida E10-G10	Prilog :	12
Datum :	19.7.2019	Mjerilo :	M 1:25

## 8. *LITERATURA*

- [1] Aničić D., Franko T., Zidane konstrukcije: Priručnik za investitore, projektante, Karlovac, Wienerberger Ilovac d.d., 2010.
- [2] Europska norma EN 1991, 2004
- [3] Europska norma EN 1992, 2004
- [4] Europska norma EN 1996, 2004
- [5] Europska norma EN 1998, 2004
- [6] Mihanović A., Dinamika konstrukcija, Udžbenici Sveučilišta u Splitu, Split, 1995
- [7] Radić J. i suradnici, Zidane konstrukcije 1: Priručnik, Zagreb, Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 2007
- [8] Sorić Z., Zidane konstrukcije 1, Udžbenici Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 2015.
- [9] Trogrlić B. Zidane konstrukcije – predavanja, Split, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije Split, 2010
- [10] Roje-Bonacci T., Mišćević P., Geotehničko inženjerstvo – predavanja, Split, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije Split, 2010
- [11] Mihanović A., Trogrlić B., Akmadžić V., Građevna statika II, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije, Split 2014
- [12] Trogrlić B. Fizika zgrade – predavanja, Split, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije